



**Rodrigo da Mata Borges Boavida**

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Modelo para geração de inovação sustentável:  
Utilização conjunta da metodologia TRIZ e da  
ferramenta *Eco-Compass***

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas, Professora  
Auxiliar, FCT - UNL

Coorientador: Professor Doutor Hiroshi Hasegawa, Professor, Shibaura Institute  
of Technology – SIT, Tóquio, Japão

Júri:

Presidente: Professora Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos

Arguente: Professora Doutora Maria Margarida Serra Marques Martins de Moura Saraiva

Vogal: Professora Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas



FACULDADE DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

**Setembro, 2018**



“Modelo para geração de inovação sustentável: Utilização conjunta da metodologia TRIZ e da ferramenta Eco-Compass” Copyright © Rodrigo da Mata Borges Boavida, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

A faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.



## Agradecimentos

À Professora Doutora Helena Victorovna Navas, pela sua orientação no decorrer deste último semestre, paciência, simpatia e por me ter providenciado os contactos necessários para realizar o estudo de caso no Japão, uma experiência que nunca esquecerei.

Ao Professor Doutor Hiroshi Hasegawa, pelo seu eterno otimismo, cuidado com a minha integração no Japão, companheirismo, e assistência na procura de materiais para a dissertação.

A todos os Professores do DEMI e da FCT que me ajudaram no decorrer da minha experiência académica, através de ensinamentos técnicos e conselhos que me permitiram melhorar como pessoa.

Ao Engenheiro José Paulos pelo apoio e oportunidade concedida, a vontade constante de ensinar a partir das suas experiências, e conselhos sob perspetiva profissional.

Um agradecimento especial à minha família por todo o apoio que me foi dado no decorrer destes anos, sem o qual não me seria possível chegar a esta etapa.



## Resumo

Nos últimos anos tem sido observado um aumento cada vez maior na adoção de ferramentas de qualidade por parte das empresas. Fator este, que contribuiu para um crescimento do clima de competitividade vivido por estas, exigindo uma nova postura organizacional de forma a se adaptarem aos novos desafios apresentados. Como tal, tem sido observada uma aposta em inovação por parte das organizações, quer a nível de processos como de produtos, de forma a obter vantagens competitivas.

Devido a este dinamismo, o desenvolvimento de novos produtos e tecnologias focou-se na criação de valor económico, tendo no entanto, como consequência, assumido um papel cada vez mais central no desenrolar da crise ambiental vivida atualmente.

Neste contexto, o objetivo do estudo efetuado visa a utilização conjunta da metodologia TRIZ com a ferramenta de avaliação de impacto ambiental *Eco-Compass*, de modo a permitir às empresas a possibilidade de gerar soluções inovadoras tendo em conta critérios de sustentabilidade definidos, e permitindo um melhor controlo do impacto ambiental provocado por estas.

Este estudo consistiu na construção dum modelo de utilização conjunta da TRIZ e *Eco-compass*, e a validação do modelo, através da realização de dois estudos de caso em contextos organizacionais e sectores tecnológicos distintos.

O modelo foi validado, tendo sido obtido no primeiro caso em análise, uma ferramenta de simulação que irá permitir a redução do tempo de disrupção das equipas operacionais durante o processo de reestruturação de serviços ou processos, e consequentemente uma redução dos custos associados a esse procedimento. No segundo caso estudado é identificada uma solução, consistindo na introdução de um sistema ERP com o objetivo de introduzir na empresa um fluxo de informação interna estruturado. Esta irá permitir reduzir o tempo necessário associado a recolhas de dados para iniciativas de transformação, melhoria contínua e redução de custos, assim como agilizar serviços ou processos que necessitem de interação com elementos internos no decorrer das suas etapas de execução.

**Palavras-Chave:** TRIZ; Inovação sistemática; Resolução de problemas; Sustentabilidade; *Eco-Compass*; Inovação sustentável.





# Abstract

For the past years there has been an increase of the adoption of quality tools by companies. Due to this, it has also been noticed that the competitive atmosphere experienced by these has intensified, leading to a need for a new differentiating factor to gain an edge on such a setting. As an answer to this issue, it has been observed a new behavioural trend, orienting the organizations towards the generation of innovative solutions.

Initially, this tendency was focused on creating products and technologies that added value to the companies that developed them, but a correlation was found between this effort and the progress of the current environmental crisis.

Thus, it was proposed the combined utilization of both the methodology of TRIZ and a tool that performs an evaluation of sustainability parameters, Eco-compass, as a way for businesses to generate innovative solutions matching sustainability criteria preestablished, allowing a better control on the environmental footprint provoked by these.

A methodology for the combined utilization of both TRIZ and Eco-compass is proposed, and an analysis of its application if made throughout two case studies, set in different technological contexts and organizations.

The model was validated, being that in the first case study a simulation tool was produced, allowing a reduction of the impact of process engineers on the operational teams during the restructure of services or processes, thus reducing the associated costs of these measures. On the second case study, the solution identified was the implementation of an ERP system into the business development department, allowing a structured flow of information in it and increasing the agility of processes or services that might require internal communication throughout their stages. It will also allow greater speeds on data gathering for future cost reduction or transformation initiatives.

**Keywords:** TRIZ; Systemic innovation; Problem solving; Sustainability; Eco-Compass; Sustainable innovation.



## Índice de conteúdos

1. Introdução	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos do estudo	2
1.3. Estrutura da dissertação	2
2. Enquadramento teórico	5
2.1. Teoria de Resolução Inventiva de Problemas	5
2.1.1. Definição de problema em contexto TRIZ	10
2.1.1. Inércia mental	14
2.1.2. Utilização de recursos	16
2.1.3. Idealidade e padrões de evolução	17
2.1.4. Ferramentas TRIZ	21
2.1.4.1. Matriz de contradições	21
2.1.4.2. Análise de substância-campo	25
2.1.4.3. 76 Soluções padrão e as 7 soluções gerais	27
2.1.5. <i>Eco-Compass</i>	31
3. Proposta do modelo de aplicação da TRIZ e <i>Eco-compass</i>	35
4. Estudos de casos	39
4.1. Nokia – Metodologia de alteração de processos	39
4.2. Juwi & Shizen Energy – Desafios organizacionais	55
5. Conclusões	71
Referências bibliográficas	73



## Índice de figuras

Figura 2.1 - Etapas de resolução de problemas da TRIZ.....	8
Figura 2.2 - Perspetiva hierárquica da TRIZ.....	9
Figura 2.3 - Exemplo de uma contradição.....	10
Figura 2.4 - Exemplo do princípio de separação no espaço. ....	11
Figura 2.5 - Exemplo do princípio de separação no tempo.....	12
Figura 2.6 - Exemplo do princípio de separação em escala. ....	12
Figura 2.7 - Exemplo de aplicação do princípio de separação em função de condições. ....	13
Figura 2.8 - Ilustração do método <i>Smart Little People</i> . ....	15
Figura 2.9 - Ilustração de utilização de recursos num sistema e fronteira. ....	17
Figura 2.10 - Evolução da capacidade funcional, nível de inovação e número de inovações.....	19
Figura 2.11 - Curvas de evolução.....	20
Figura 2.12 - Modelo substância-campo, de um modelo completo e eficaz. ....	26
Figura 2.13 - Modelo substância-campo incompleto. ....	26
Figura 2.14 - Modelo substância-campo completo, mas ineficaz. ....	27
Figura 2.15 - Modelo substância-campo completo, mas prejudicial. ....	27
Figura 2.16 - Solução geral 1 do modelo substância-campo. ....	28
Figura 2.17 - Solução geral 2 do modelo substância-campo. ....	28
Figura 2.18 - Solução geral 3 do modelo substância-campo. ....	29
Figura 2.19 - Solução geral 4 do modelo substância-campo. ....	29
Figura 2.20 - Solução geral 5 do modelo substância-campo. ....	30
Figura 2.21 - Solução geral 6 do modelo substância-campo. ....	30
Figura 2.22 - Solução geral 7 do modelo substância-campo. ....	31
Figura 2.23 - Exemplo de aplicação da ferramenta <i>Eco-Compass</i> . ....	32
Figura 3.1 - Metodologia proposta para aplicação conjunta da TRIZ e <i>Eco-compass</i> .....	35
Figura 4.1 - Introdução de uma substância S3 no modelo substância-campo. ....	49
Figura 4.2 - Diagrama do serviço de transformação base, estudo de caso 1.....	51
Figura 4.3 - Diagrama do serviço de transformação proposto, estudo de caso 1.....	52
Figura 4.4 - Ferramenta <i>Eco-Compass</i> , caso de estudo 1.....	55
Figura 4.5 - Diagrama do cenário base, caso de estudo 2.....	67

Figura 4.6 - Diagrama do novo cenário, caso de estudo 2.....	68
Figura 4.7 - Ferramenta <i>Eco-Compass</i> , caso de estudo 2.....	69

## Índice de Tabelas

Tabela 2.1 -Cinco níveis inventivos de Altshuller .....	6
Tabela 4.1 - Ferramenta das janelas múltiplas, caso de estudo 1. ....	42
Tabela 4.2 - Matriz de idealidade com interações, caso de estudo 1. ....	44
Tabela 4.3 - Matriz de contradições, caso de estudo 1. ....	45
Tabela 4.4 - Frequência de princípios inventivos identificados, estudo de caso 1 .....	47
Tabela 4.5 - Ferramenta das janelas múltiplas, caso de estudo 2. ....	58
Tabela 4.6 - Matriz de idealidade do caso de estudo 2. ....	60
Tabela 4.7 - Matriz de contradições adaptada ao caso de estudo 2. ....	61
Tabela 4.8 - Frequência de princípios inventivos, caso de estudo 2. ....	63





## Lista de Acrónimos, Siglas e Abreviaturas

ARIZ – Algoritmo de Resolução de Problemas Inventivos

EPC – *Engineering, procurement and construction*

ERP – *Enterprise Resource Planning*

FCT – Faculdade de Ciências e Tecnologia

PM – *Project Manager*

PME - Pequenas e Médias Empresas

QFD - *Quality function deployment*

SFI – Solução final ideal

SIT – Shibaura Institute of Technology

TRIZ – Teoria de resolução de problemas inventivos



# 1. Introdução

O presente capítulo tem como finalidade enquadrar o tema “Utilização da metodologia TRIZ e a ferramenta *Eco-Compass*, na geração de inovação sustentável”, através da apresentação do seu enquadramento. objetivo de estudo e estrutura utilizada no decorrer da dissertação.

## 1.1. Enquadramento

A era da qualidade, em desenvolvimento nos anos recentes, deu origem a um conjunto variado de ferramentas e metodologias, com o intuito de melhorar o desempenho de conhecimentos aplicados em organizações. Devido a um crescimento cada vez maior na sua adoção por parte destas, o fator diferenciador tornou-se, não só o aumento de competitividade através de ganhos de eficiência nos seus processos internos, mas também na criação de novos produtos que a competição não consiga oferecer (Cavalluci & Khomenko, 2007).

O desenvolvimento de novas tecnologias tomou então um papel extremamente importante no crescimento económico atual, mas infelizmente também assumiu o mesmo papel no desenrolar da crise ambiental vivida atualmente. Quando inovação é gerada, normalmente aspetos económicos tomam maior relevância na sua conceção, sendo que o seu impacto ambiental é posto em segundo plano, ou então negligenciado (Chen & Chen, 2007).

Recentemente esta mentalidade tem sofrido alterações, sendo que as empresas e organizações começam a adotar também, cada vez mais, medidas de desempenho não-económicas para as suas atividades, tais como impacto ambiental ou desempenho em termos de sustentabilidade, dos seus produtos (Johnsen et al., 2012). Isto deve-se facto de ter sido detetada uma relação entre lealdade de clientes e um esforço de sustentabilidade por parte das empresas, devido a um aumento da perceção pública sobre a questão do impacto do ser humano no ambiente, e da necessidade de o reduzir ou inverter de forma a minimizar potenciais alterações ambientais futuras que possam afetar as suas vidas (Chen, 2015).

No sentido de responder a essa crescente necessidade, novas metodologias e ferramentas começaram a ser desenvolvidas no mundo académico e empresarial com um enfoque em *design* de produtos tendo em conta o seu impacto ambiental.

Neste contexto, filosofias tal como a teoria da resolução inventiva de problemas (TRIZ), ganharam relevância, ao permitir que os seus utilizadores possam aceder a métodos que possibilitam resolver problemas técnicos considerados difíceis, e necessitando de soluções criativas de forma consistente e estruturada (Huang, 2013). Estas características mencionadas, desassociam o processo de inovação ou resolução de problemas, da ideia de que estas apenas ocorrem em momentos de inspiração, permitindo uma dinâmica de gestão e planeamento ativa. Empresas multinacionais tal como Samsung, Hitachi e Siemens, já apresentaram resultados positivos na aplicação da TRIZ, assim como também PME's na europa e estados unidos, demonstrando que existe vantagens resultantes da utilização desta (Azlan et al, 2014).

No entanto existem limitações às ferramentas empregadas pela TRIZ, sendo que este tópico é alvo de um extensivo trabalho acadêmico e de pesquisa, na procura de combinações com outras metodologias, de forma a colmatar esses mesmos limites. O presente trabalho propõe direcionar a aplicação desta teoria no sentido de gerar soluções que cumpram certos valores pré-estabelecidos de parâmetros de sustentabilidade, ao combinar a sua utilização com a ferramenta *Eco-Compass*.

A ferramenta *Eco-Compass* (Fussler & James, 1996) foi desenvolvida com o propósito de avaliar o desempenho de sustentabilidade de produtos/serviços, caracterizando-se como sendo de utilização intuitiva, tornando-a bastante relevante no campo de inovação ecológica devido à sua popularidade. Esta foi criada com o intuito de condensar parâmetros associados ao tema de sustentabilidade do produto ou serviço em análise, num modelo simples, de forma a poder proceder a uma análise comparativa deste com um cenário base. Desta forma é possível realizar uma avaliação da evolução do *design* desses no decorrer das suas várias etapas de concepção, em termos ecológicos (Harrison, 2015).

Esta ferramenta foi selecionada devido à sua compatibilidade com a matriz de contradições pertencente à TRIZ, permitindo explorar a sua aplicação conjunta e colmatar os limites que cada apresenta.

## 1.2. Objetivos do estudo

O objetivo deste estudo visa desenvolver um modelo de aplicação da teoria de resolução inventiva em conjunto com a ferramenta de inovação ecológica *Eco-Compass*, de forma a permitir obter soluções de forma sistemática, e que apresentem um aumento de performance de determinados parâmetros ambientais, promovendo assim inovação sustentável.

É estudada a compatibilidade entre a TRIZ e a *Eco-Compass* e proposta uma relação entre estas através da adaptação dos cabeçalhos ambientais desta com os parâmetros de engenharia propostos por Altshuller.

Duas aplicações do modelo são expostas e posteriormente analisadas, sob o formato de estudos de caso, de modo a testar o método proposto num contexto empresarial e de serviços, e avaliar a sua validade e receção nesse mesmo contexto.

## 1.3. Estrutura da dissertação

De modo a responder aos objetivos propostos, a dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, sendo estes:

- Introdução;
- Enquadramento teórico;
- Proposta do modelo de aplicação da TRIZ e *Eco-compass*;
- Estudo de casos;
- Conclusão;

No final do documento encontram-se também referências bibliográficas e anexos.

No capítulo 1, **Introdução**, é apresentado o enquadramento da dissertação, abordando o contexto da origem do tema escolhido e sua relevância na realidade atual, objetivos do estudo e estrutura da mesma. É apresentada a organização do presente documento e um pequeno resumo dos assuntos abordados em cada capítulo.

No capítulo 2, **Enquadramento teórico**, é realizada uma revisão de literatura da TRIZ e a ferramenta *Eco-compass*, abordando as suas origens, conceitos fundamentais e ferramentas selecionadas para efeitos do trabalho realizado no decorrer do estudo. Também é realizado um estudo da compatibilidade entre a *Eco-Compass* a matriz de contradições, resultando numa proposta para a sua conciliação.

No capítulo 3, **Proposta do modelo de aplicação da TRIZ e *Eco-compass***, é proposto e descrito um modelo de utilização conjunta da TRIZ e *Eco-compass*, com o objetivo de ser aplicada no decorrer dos dois estudos de caso efetuados.

No capítulo 4, **Estudo de casos**, é abordado os dois estudos de caso efetuados, nas empresas Nokia e Juwi & Shizen Energy, assim como é contextualizada a história de origem de ambas as empresas, o seu desenvolvimento, tecnologias e sector económico em que se enquadram.

No capítulo 5, **Conclusão**, são apresentadas as conclusões inferidas a partir do estudo efetuado no decorrer dos casos analisados, assim como sugestões para a continuação futura deste.



## 2. Enquadramento teórico

O presente capítulo visa apresentar a revisão bibliográfica efetuada para a compreensão do contexto histórico, funcionamento da filosofia e ferramentas utilizadas no decorrer dos dois estudos de caso efetuados. São abordados os conceitos de problema e inovação no âmbito da metodologia TRIZ, o seu funcionamento, ferramentas, a sua adaptação para indústria de serviços e a ferramenta *Eco-Compass*, utilizada na avaliação de resultados em função de determinados parâmetros ambientais.

### 2.1. Teoria de Resolução Inventiva de Problemas

TRIZ é o acrónimo russo para “teorija rezhenija izobretatelskih zadach”, que traduz em português para “Teoria de resolução inventiva de problemas” (Rantanen & Domb, 2008). Esta possui como objetivo estruturar e introduzir uma metodologia ao processo criativo de resolução de problemas de forma a gerar inovação, sendo especialmente indicado para ser aplicado em problemas nas áreas de engenharia (Navas, 2014).

Nos últimos 50 anos, a teoria TRIZ tem ganho cada vez mais popularidade, após escapar às dificuldades políticas e económicas associadas ao seu local de origem na antiga união soviética (Lerner, 1991). Isto deve-se ao fato de existir um constante crescimento de competitividade nos mercados internacionais e uma maior necessidade de gerar novas soluções a novos problemas nunca antes enfrentados. A TRIZ propõe-se como uma alternativa viável, ao demonstrar que existe possibilidade de “aprender” criatividade. Este último aspeto representa uma mudança de paradigma, realçando a natureza disruptora do método. Esse aumento de notoriedade implica uma maior concentração de estudos efetuados sobre o tópico e o aparecimento de novas metodologias propostas, envolvendo a utilização conjunta de diferentes filosofias tais como *Lean*, *Kano* e QFD, com a TRIZ (Elfvengren et al., 2015).

Após um trabalho de análise extensiva de diversas patentes e certificados, Genrich Altshuller e seus colegas aperceberam-se que só uma pequena parcela destas representava realmente inovação, ao criar um produto conceptualmente novo de raiz. Sendo que a maioria dos casos estudados aplicava simplesmente melhorias sobre sistemas já existentes utilizando soluções já aplicadas previamente noutros produtos ou áreas (InnoSkills, 2009). Depois do evento Glasnot (processo de abertura política na Rússia que permitiu oportunidades de emigração para o povo russo), os estudantes de TRIZ e o próprio Altshuller, partiram para o ocidente e continuaram os seus estudos de patentes. Nos meados dos anos 80 estima-se que mais de 2 milhões de patentes haviam sido estudadas, ou seja, cerca de 10% de todas as patentes existentes no mundo (Madara, 2015).

Devido ao formato simples em que as patentes eram organizadas naquela altura, tornou-se relativamente simples detetar padrões de evolução no processo inventivo e a sua categorização. Esta foi dividida em 5 níveis de evolução distintos (Terminko et al., 1998; Navas, 2014):

- **Nível 1:** Usar conhecimento já existente e facilmente acessível para resolver problemas simples.

Exemplo: De forma a reforçar um edifício, aumentar a espessura das suas paredes.

- **Nível 2:** Alterações relativamente simples num dado subsistema, de forma a aumentar a performance do sistema em si, e mantendo as suas funções. É necessária informação fora da instituição em questão, mas ainda enquadrada na mesma indústria.

Exemplo: Introduzir uma camada isoladora numa cafeteira, de forma a reduzir perdas de calor.

- **Nível 3:** De forma a obter uma solução, é necessário utilizar conhecimento oriundo de outras indústrias, mas ainda no mesmo ramo de conhecimento. Envolve pensamento análogo para transferir soluções já comprovadas e testadas para uma nova realidade.

Exemplo: Utilizar a função de raios-X, de forma a efetuar inspeções de segurança em aeroportos.

- **Nível 4:** Sistemas são criados através da utilização de tecnologias ou conhecimentos emergentes, criando aplicações novas para esses.

Exemplo: A criação do primeiro transmissor de rádio, utilizando ondas eletromagnéticas.

- **Nível 5:** Novos conhecimentos ou tecnologias são criados em resposta a necessidades previamente não respondidas.

Exemplo: Raios-X ou campos eletromagnéticos.

Como é possível observar na [tabela 2.1](#), a maioria das patentes analisadas cumpre os requisitos face aos níveis um e dois. O objetivo da TRIZ é gerar soluções inovadoras pertencentes aos níveis três, quatro e cinco (Navas, 2014).

Tabela 2.1 -Cinco níveis inventivos de Altshuller (adaptado de Navas, 2013)

Nível	Descrição	% das patentes analisadas
1	Usar conhecimento já existente e facilmente acessível para resolver problemas simples.	30%
2	Alterações relativamente simples num dado subsistema, de forma a aumentar a performance do sistema em si, mantendo as funções desse mesmo. É necessária informação fora da instituição em questão, mas ainda enquadrada na mesma indústria.	45%
3	Para obter uma solução é necessário procurar em outras indústrias, mas ainda no mesmo ramo de conhecimento. Envolve pensamento análogo para transferir soluções já comprovadas e testadas para uma nova realidade.	20%



Tabela 2.1 - (Continuação)

Nível	Descrição	% das patentes analisadas
4	Novos sistemas são criados através da utilização de novas tecnologias ou conhecimentos, criando novas aplicações para essas.	4%
5	Novos conhecimentos ou tecnologias são criados em resposta a necessidades previamente não respondidas.	1%

Foi proposta a categorização de problemas em os comuns ou de rotina, para os quais existe uma solução conhecida, tendo como exemplo os típicos problemas de física académicos ou de otimização, em que todas as variáveis e métodos já são sabidos. E os incomuns ou inventivos, onde a solução é desconhecida, exigindo um processo criativo para a sua resolução. A TRIZ foi desenvolvida com o intuito de providenciar as ferramentas e métodos necessários para estes últimos, permitindo ao utilizador obter soluções inovadoras através da sua utilização. Desde a sua criação por Altshuller, novos elementos foram sendo propostos e adicionados ao corpo da TRIZ por outros autores, permitindo complementar e expandir a aplicabilidade desta para novas áreas.

A análise do padrão de evolução de inovação realçou dois aspetos muito importantes para a TRIZ, sendo estas as curvas de comportamento, bem definidas na evolução de *design* de produtos/serviços, e a existência de princípios genéricos para geração de inovação (Terminko et al., 1998). Foi observado também, que os problemas encontrados durante o processo de invenção podem ser traduzidos em contradições, consistindo em situações identificadas, onde para melhorar a performance de um certo parâmetro, outro irá piorar (Lerner, 1991), podendo estes ser de natureza física, técnica e administrativa (Ilevbare et al., 2011).

Atualmente a TRIZ pode ser utilizada para resolver problemas expostos sob o formato de características ou medidas de performance indesejada (energia gasta é muito alta, má gestão, processo lento e etc.), de forma a explorar um sistema já existente e detetar e melhorar performance de algum problema detetado, prever tendências evolutivas do sistema permitindo identificar futuras iterações do sistema, antecipar potenciais falhas futuras, atuando antes que essas ocorram, ou então confeccionar novos sistemas de raiz (Souchkov, 2014).

O modelo geral de soluções da TRIZ introduz uma metodologia que permite ao utilizador abstrair um problema específico, trabalhar nesse mesmo, sob o seu formato genérico, e aplicar a solução genérica obtida no contexto em análise. Esta metodologia permite identificar e reutilizar conceitos e soluções conhecidas e registadas, expostas a um nível de abstração elevado, acelerando o processo de resolução do problema inventivo através de uma redução do esforço necessário (Souchkov, 2014).

As etapas do modelo consistem inicialmente numa análise do sistema e identificação de problemas, traduzir esses mesmos sob um formato de problema abstrato, utilizar as diversas ferramentas disponíveis de forma a obter uma solução genérica, e de seguida contextualizar os resultados de forma a chegar a uma solução específica. A vantagem desta metodologia face aos métodos aplicados mais popularmente

no processo de resolução de problemas inventivos, tal como *brainstorming* e “tentativa e erro”, é o facto de estas ignorarem as duas fases intermédias de generalização de problema e solução genérica, não possuindo ferramentas de foco de espaço de solução a explorar, incorrendo o risco de tomarem mais tempo de forma a obter uma solução final (Terninko et al., 1998).

A [figura 2.1](#) apresenta as etapas gerais utilizadas pela metodologia TRIZ, na resolução de problemas inventivos.

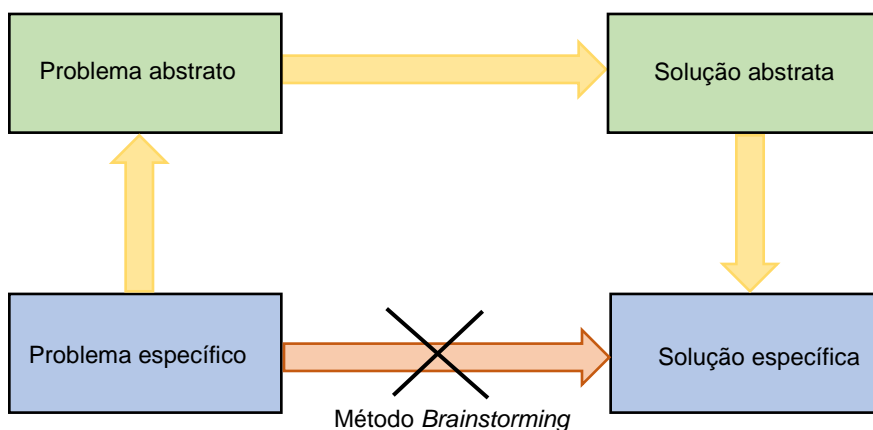


Figura 2.1 - Etapas de resolução de problemas da TRIZ (adaptado de Navas, 2013)

Para qualquer situação em que se deseja resolver um problema, uma correta e clara formulação do mesmo é essencial para obter um processo de resolução rápido e eficiente. A mesma realidade se aplica na utilização da TRIZ, sendo que esta irá obter resultados mais pertinentes, quanto melhor definida estiver o foco do problema (Mann, 2002). No entanto, uma das principais vantagens da TRIZ face aos outros métodos mencionados, é o facto de permitir que essa mesma formulação do problema seja decomposta sob o formato de contradições de parâmetros de engenharia, facilitando a sua abordagem, e permitindo a aplicação de outras estratégias úteis tal como a função de idealidade, onde um objetivo concreto é estipulado previamente para a solução, assumindo um mundo perfeito onde tudo o que é bom é possível, sem possuir os aspetos negativos.

Após a identificação desta, procede-se à aplicação das ferramentas e métodos existentes na TRIZ, de forma a obter uma solução para o problema abstrato (Mann, 2002).

Para uma melhor definição da natureza da TRIZ, é importante referir que esta pode ser considerada como um conjunto de ferramentas, métodos e/ou filosofias, dependendo do nível a que esta é observada ou aplicada. Como é possível observar na [figura 2.2](#), a filosofia da TRIZ assenta-se em cinco conceitos chave, sendo que alguns são únicos desta teoria, e outros são comuns a outros estudos efetuados dentro do âmbito de criatividade (Mann, 2002):

- **Idealidade:** Evolução do sistema de forma a aumentar efeitos benéficos e diminuir os prejudiciais.
- **Recursos:** Maximizar a utilização de objetos dentro e na fronteira do sistema.

- **Função:** Dar uma maior relevância à importância das funções quando se pensa nos sistemas.
- **Contradições:** Utilizar a resolução de contradições para impulsionar a evolução do sistema.
- **Espaço/tempo:** Percecionar o sistema tendo em conta o seu contexto temporal e espacial.

Quanto a métodos, existe a ARIZ, acrónimo russo para algoritmo de resolução de problemas inventivos, que consiste num conjunto de passos estruturados logicamente, com o intuito de transformar um problema inicial complexo num mais simples de resolver, sendo que com o decorrer do tempo, diferentes autores foram propondo estruturas diferentes deste algoritmo (Marconi, 1998). Ou em alternativa, outras combinações de ferramentas, filosofias ou métodos complementares, em estruturas customizadas, encontrando-se nesta o âmbito do trabalho efetuado para os estudos de caso em análise.

As ferramentas existentes no corpo da TRIZ são diversas, e a sua escolha depende do grau de proficiência do utilizador com as mesmas (Bajwa & Mahto, 2013). No entanto, três destacam-se pela sua popularidade e capacidade de produzir resultados, sendo estas a matriz de contradições, os princípios inventivos, janelas múltiplas e a análise substância-campo.

Na [figura 2.2](#) encontra-se a perspetiva hierárquica da TRIZ, dividida em filosofias, métodos e ferramentas.

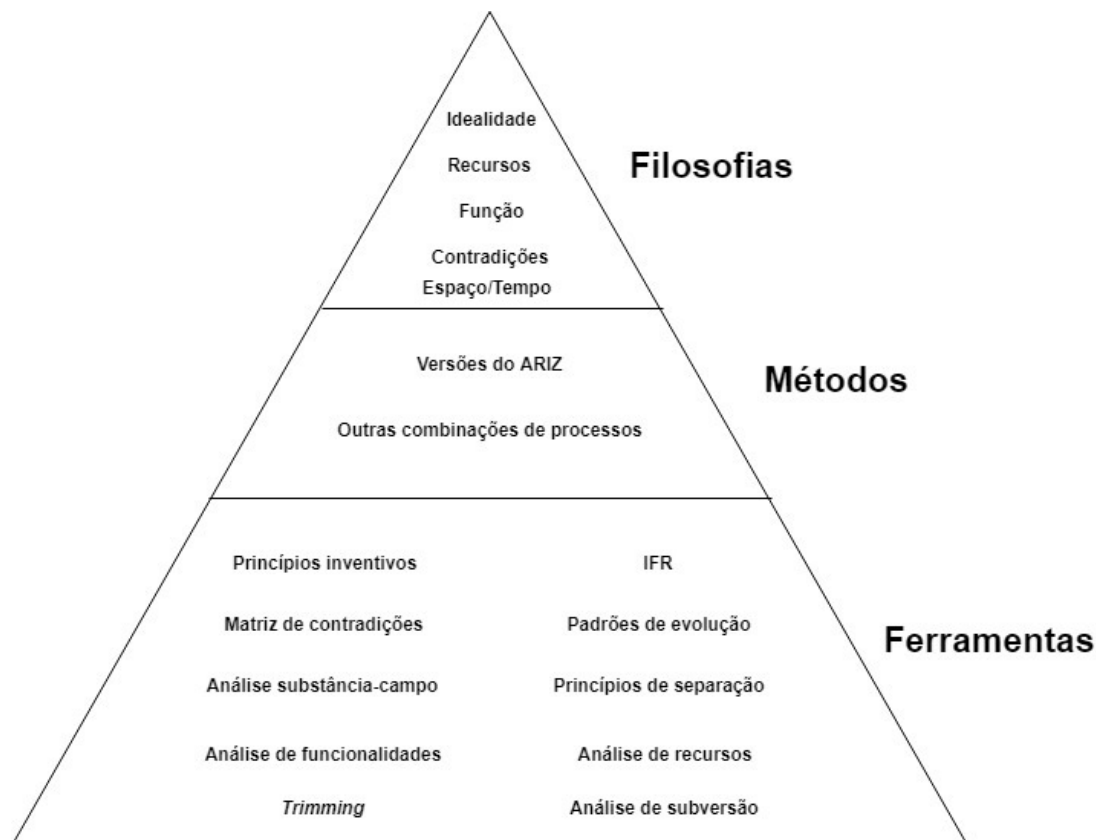


Figura 2.2 - Perspetiva hierárquica da TRIZ (adaptado de Mann, 2002)

De seguida, são apresentados os conceitos e ferramentas fundamentais na TRIZ com uma explicação clara e simples do que estas implicam.

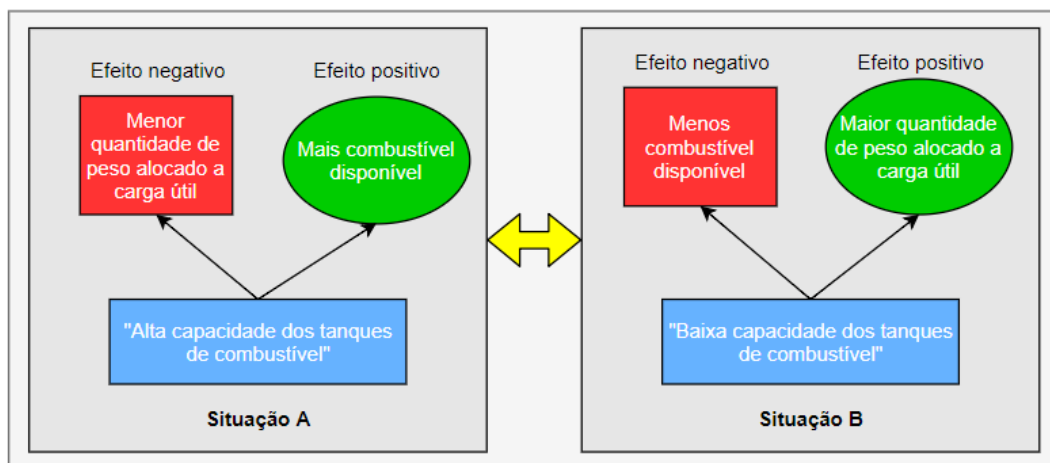
### 2.1.1. Definição de problema em contexto TRIZ

Um problema, de acordo com (Savransky, 2000), é o espaço entre uma condição existente atual e um estado futuro desejável. A resolução de problemas consiste em transformar essa situação atual na futura.

É importante reconhecer a natureza do problema a ser abordado de forma a decidir qual o tipo de metodologia de resolução mais apropriada. Um problema de rotina é aquele para o qual as etapas críticas necessárias para o resolver já são conhecidas, e um problema criativo é aquele para o qual a solução não é óbvia. TRIZ é indicada para resolver problemas pertencentes à classe criativa e mais especificamente à subclasse de inventivos. Estes definem-se por ser o mesmo que problemas criativos, mas necessitarem de conhecimentos técnicos (Savransky, 2000).

G.Altshuller, após a sua experiência de análise de patentes, propôs a definição de problemas inventivos como contradições (Ekmekci & Koksai, 2015), após detetar que o processo de inovação é obtido através da remoção dessas mesmas (Lerner, 1991).

Tal como demonstrado na [figura 2.3](#), uma contradição é definida como uma situação (A) para a qual existe um efeito negativo e um positivo e que, ao ser conjugada sob o seu formato inverso, uma inversão dos seus efeitos também irá ocorrer (Souchkov, 2007).



*Figura 2.3 - Exemplo de uma contradição (adaptado de Souchkov, 2007)*

Como é possível observar no exemplo da [figura 2.3](#), a condição “alta capacidade dos tanques de combustível” implica o efeito positivo de aumentar o combustível disponível para o veículo em questão se deslocar, mas ao mesmo tempo aumenta o peso do mesmo. A negativa da condição implica, como efeito positivo, um reduzir do combustível disponível, mas uma menor carga devido ao tanque de combustível.

Nesta situação, de forma a obter ambos os efeitos positivos, será necessário cumprir a condição de o tanque ter alta e baixa capacidade ao mesmo tempo. Isto traduz-se numa contradição.

Para uso da TRIZ, as contradições são classificadas em duas categorias (Domb, 1997):

- **Contradição física:** Quando um objeto necessita de requisitos que são contraditórios.

Exemplo: Quando se insere o recheio em invólucros de chocolate nos bombons, este deve ser quente de modo a ser mais rápido o preenchimento, no entanto deve ser frio de forma a não derreter este.

- **Contradição técnica:** Quando existe uma situação de compromisso de parâmetros. De modo a melhorar um aspeto técnico, outro irá piorar.

Exemplo: Queremos que o produto fique mais resistente (desejado) mas, no entanto, que não aumente em peso (indesejado).

Ambos os títulos são tidos em conta como referências, não querendo dizer que um dos tipos de contradição é menos física ou técnica do que a outra (Domb, 1997).

A filosofia TRIZ consiste então na resolução de contradições, tendo um ênfase na compreensão e identificação destas (Lerner 1991). Através desta classificação, torna-se possível a abordagem da resolução das contradições identificadas de acordo com a sua natureza, potencialmente aumentando a rapidez à qual uma solução é obtida, através da aplicação de ferramentas e princípios mais apropriados para esse efeito (Domb, 1997).

### **Contradição física:**

Este tipo de contradição pode ser resolvido utilizando os quatro princípios de separação, sendo estes no espaço, tempo, escala e em função de condições (Silverstein et al, 2009):

**Separação no espaço** refere-se ao fato de um determinado parâmetro ter propriedade A no local 1 e propriedade A- no local 2. É possível observar a aplicação deste princípio na [figura 2.4](#).

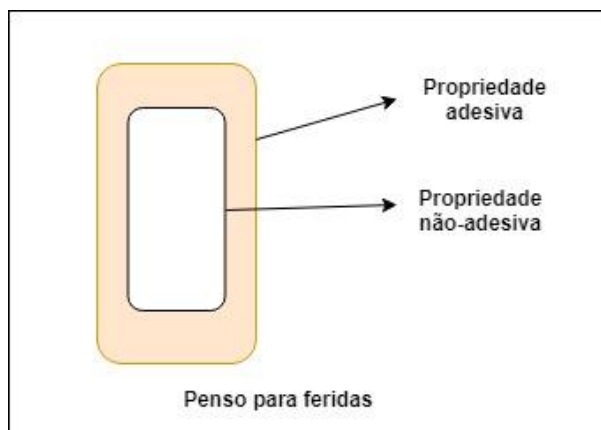


Figura 2.4 - Exemplo do princípio de separação no espaço.

**Separação no tempo** refere-se ao fato de um determinado parâmetro ter propriedade A no instante  $t_1$  e propriedade A- em  $t_2$ . Encontrando-se um exemplo da sua aplicação na [figura 2.5](#).

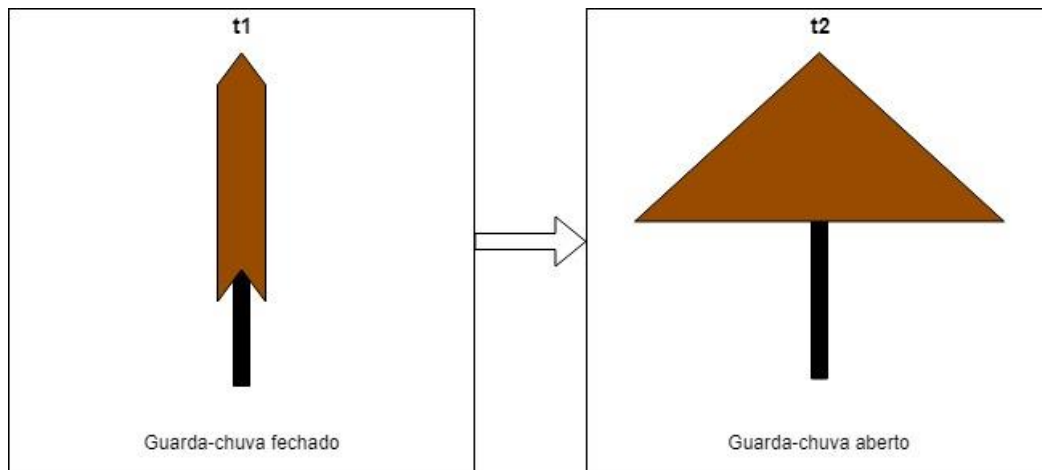


Figura 2.5 - Exemplo do princípio de separação no tempo.

**Separação em escala** refere-se ao fato de um determinado parâmetro ter propriedade A enquanto sistema, mas cada subsistema ter propriedade A-. A corrente utilizada em bicicletas pode ser considerada um exemplo da aplicação deste princípio, tal como demonstrado na [figura 2.6](#).

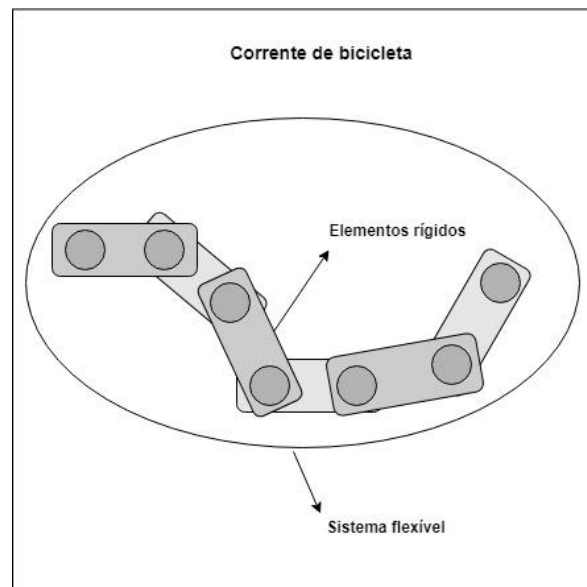


Figura 2.6 - Exemplo do princípio de separação em escala.

**Separação em função de condições** refere-se ao fato de um determinado sistema possuir uma certa propriedade sob uma certa condição A e um valor diferente sob uma condição B. A [figura 2.7](#) pretende exemplificar uma aplicação deste mesmo.

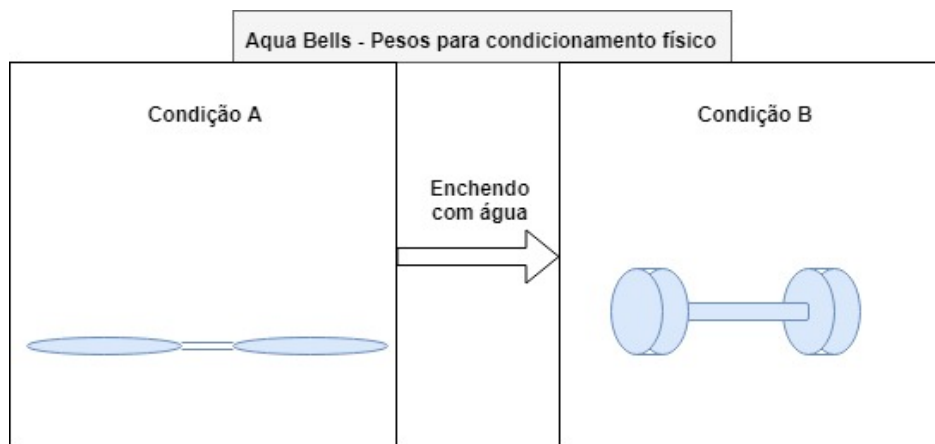


Figura 2.7 - Exemplo de aplicação do princípio de separação em função de condições.

Para determinar qual dos princípios de separação é mais adequado para o resolver a contradição em questão, é necessário compreender quais as funções desejadas para o sistema, que por sua vez geram a contradição física. Um método apropriado para esse efeito é o colocar questões tais como “sob que condições (Quando, onde, o quê?) é preciso os requisitos opostos?” (Ilevbare et al., 2011).

#### **Contradição técnica:**

Neste tipo de contradições será necessário recorrer às ferramentas da TRIZ, nomeadamente a matriz de contradições, sendo que esta irá ser abordada mais adiante.

Após uma extensa análise de milhares de patentes, Altshuller conseguiu reduzir os parâmetros de engenharia presentes em contradições a uma lista com 39 entradas. Esses foram também definidos tanto para objetos em movimento como objetos estáticos. Objetos em movimento são aqueles que podem facilmente mudar de posição espacial, por influência de forças externas ou internas. Objetos estáticos não alteram a sua posição espacial (Ekmekei & Koksai, 2015).

Na [tabela 2.2](#) é possível observar os 39 parâmetros de engenharia em contexto da TRIZ (Navas, 2014).

Tabela 2.2 - 39 parâmetros de engenharia da TRIZ (adaptado de Navas, 2014)

39 parâmetros de engenharia segundo a TRIZ	
1. Peso do objeto em movimento	2. Peso do objeto estacionário
3. Comprimento do objeto em movimento	4. Comprimento do objeto estático
5. Área do objeto em movimento	6. Área do objeto estático

Tabela 2.2 - (Continuação)

7. Volume do objeto em movimento	8. Volume do objeto estático
9. Velocidade	10. Força
11. Tensão/Pressão	12. Forma: Contornos externos, aparência externa
13. Estabilidade do objeto	14. Resistência
15. Durabilidade de um objeto em movimento	16. Durabilidade de um objeto estático
17. Temperatura: Condição térmica do objeto ou sistema	18. Intensidade da iluminação: Fluxo de luz por área ou outras qualidades desta
19. Utilização de energia por um objeto em movimento	20. Utilização de energia por um objeto estático
21. Potência	22. Perda de energia
23. Perda de massa	24. Perda de informação
25. Perda de tempo	26. Quantidade de substância ou matéria
27. Fiabilidade	28. Precisão de medição
29. Precisão de fabrico	30. Fatores prejudiciais que atuam sobre o objeto
31. Efeitos colaterais prejudiciais	32. Manufaturabilidade
33. Conveniência de uso	34. Reparabilidade
35. Adaptabilidade	36. Complexidade do dispositivo
37. Complexidade no controlo	38. Nível de automação
39. Produtividade	

### 2.1.1. Inércia mental

Existem bastantes definições para criatividade. Para efeitos do âmbito de trabalho proposto e de revisão de literatura, considerou-se a definição de criatividade como o processo de geração de novidade e ideias úteis por um indivíduo ou um grupo destes (Amabile, 1988).

Quando dois indivíduos são confrontados com o mesmo problema, geralmente os passos que ambos tomam para resolução do mesmo diferem. Isto deve-se ao fato de cada indivíduo utilizar as ferramentas, métodos e experiências acumuladas ao longo das suas vidas como apoio a decisões e resolução de problemas, limitando as perspetivas envolvidas no processo criativo empregado (Navas et al., 2015).

A capacidade de resolução de problemas depende da capacidade de cada indivíduo (Savransky, 2000). Inércia psicológica define-se como a tendência de o indivíduo em se cingir às experiências e áreas de conhecimento com as quais já se encontra familiarizado, sem sair da zona sua de conforto (Samuel & Jablow, 2016).



Pelas razões apresentadas, compreende-se que inércia psicológica é encarada como um efeito indesejado na resolução de problemas inventivos e geração de inovação, sendo que a TRIZ possui ferramentas dedicadas a ultrapassar esta barreira específica, através de certos exercícios mentais tais como Smart Little People e “Pensamento de janelas múltiplas”, que permitem o seu utilizador afastar-se de sua forma “usual” de resolver problemas, e ter acesso a novas percepções do sistema (Navas, 2015).

### Smart Little People

É um exercício mental onde o indivíduo imagina que todos os agentes, substâncias e/ou forças a atuar dentro do sistema são personificados sob um formato de pequenos seres, permitindo-se à exploração das dinâmicas e envolventes do sistema, de forma a melhor compreender os fluxos de matérias, forças e informação existentes, e detetar como é que os agentes poderiam evitar o problema. Alterar um certo caminho? Utilizar material para evitar contato entre partes do sistema? Etc... (Blight, 2006). O objetivo é permitir ao utilizador pensar na situação através de novas perspetivas, permitindo ultrapassar uma potencial inércia mental.

A [figura 2.8](#) ilustra o processo mental pretendido na aplicação do exercício mental *Smart Little People*.

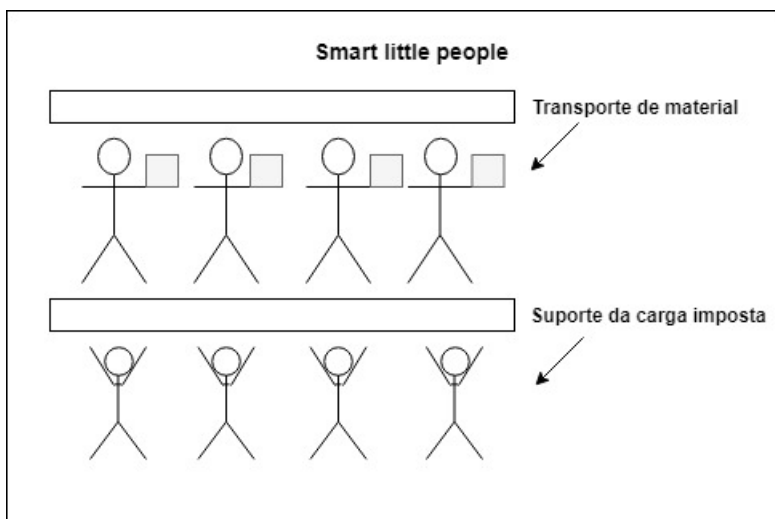


Figura 2.8 - Ilustração do método *Smart Little People*.

### Pensamento de janelas múltiplas

Esta técnica consiste em construir uma tabela com nove entradas, separando supersistema, sistema e subsistema nos três períodos temporais de passado, presente e futuro. De seguida, os utilizadores começam por descrever as células correspondentes ao presente para as três categorias de sistema, de forma a contextualizar o utilizador sob ambientes externos e internos existentes no problema a ser abordado. Após esse trabalho, procede-se à identificação e preenchimento do resto das células existentes na tabela, permitindo uma análise do percurso histórico do mesmo, e eventual progressão futura desejada (Ilervbare et al., 2011).

A utilidade identificada a partir da utilização deste exercício, centra-se no facto de permitir os seus utilizadores identificar e mapear o contexto histórico do problema, as necessidades do mesmo, relações de causa-efeito e recursos necessários tanto em contexto temporal como a nível de sistema. Tendo como vantagem a oportunidade de analisar a evolução temporal das envolventes do sistema, e ao mesmo tempo, obrigar um grupo de trabalho a definir e conciliar eventuais perspetivas futuras para o mesmo (Ilervbare et al., 2011).

A [tabela 2.3](#) apresenta um exemplo prático da aplicação da ferramenta de janelas múltiplas.

Tabela 2.3 - Exemplo de aplicação de janelas múltiplas (adaptado de Ilervbare et al., 2011)

	<b>Passado</b>	<b>Presente</b>	<b>Futuro</b>
<b>Supersistema</b>	expositor da loja, utilizador a precisar de escrever	Utilizador, papel, cadeira, secretária, luz, ambiente	Local para armazenamento, desgaste provocado pelo ambiente
<b>Sistema</b>	Caneta é montada com os componentes e armazenada	Caneta é utilizada para escrever	Desgaste provocado por utilização e armazenamento
<b>Subsistema</b>	Componentes a serem produzidos	Componentes da caneta, tinta a fluir pela caneta.	Reutilização e reciclagem de componentes

### 2.1.2. Utilização de recursos

A utilização de recursos, em contexto de TRIZ, refere-se à utilização de efetiva dos mesmos, dentro e na periferia do sistema. Esse trabalho de recolha de informação, de forma a identificar potenciais recursos disponíveis, permite uma melhor compreensão do sistema em si, e ao mesmo tempo detetar possibilidades de melhoria (Mann, 2001).

A definição de recurso utilizada neste contexto, consiste nas seguintes propriedades (Zlotin & Zusman, 2004; Domb, 1998):

- Qualquer substância ou objeto (incluindo desperdícios) que se encontrem dentro ou perto sistema.
- Energia, tempo, espaço, informação e etc.
- Capacidade tecnológica ou funcional, incluindo propriedades de substâncias ou efeitos físicos, químicos, geométricos ou outros.

É importante realçar que neste contexto, recursos que possam ter um rótulo clássico de desperdício ou útil, são ambos tidos em conta na análise de recursos disponíveis, alargando o conjunto de soluções possíveis e sugerindo o seu uso de forma a aumentar a idealidade do sistema (Mann, 2001).

Um caso comum onde este tipo de situação ocorre é “ressonância”. Este recurso, na cultura ocidental, normalmente é tido em conta como um efeito indesejado, a minimizar e reduzir na conceção de um produto. No entanto, para alguém mais experienciado na utilização da TRIZ, este pode ser encarado como uma

força possível de produzir um efeito desejado alguns, onde for mais conveniente (Mann, 2001). Um exemplo de aplicação deste princípio é no controlo de qualidade de sinos. Quando se provoca ressonância neste objeto, uma frequência de som específica é emitida. Ao registar um valor não esperado, o fabricante pode detetar que existe um defeito no produto. O recurso que é considerado desperdício na fase de produção, foi utilizado para efetuar um controlo de qualidade muito mais ágil, invés do método de inspeção visual, aumentando a idealidade deste (Bono & Sorensen, 2008).

A [figura 2.9](#) visa exemplificar o processo de procura de recursos num determinado sistema e nas suas envolventes.

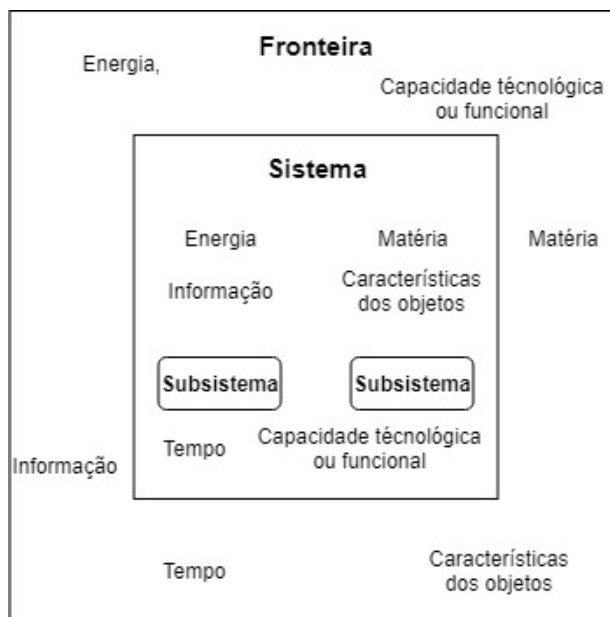


Figura 2.9 - Ilustração de utilização de recursos num sistema e fronteira.

### 2.1.3. Idealidade e padrões de evolução

Um sistema aumenta em idealidade quanto mais funções benéficas ou menos funções prejudiciais possuir, menores custos associados envolver e menor complexidade de fabrico exigir (Rantanen & Domb, 2008). No decorrer da resolução de problemas em contexto de TRIZ, o conceito de solução ideal é definido como um objetivo a ser alcançado.

Ao definir qual é a solução final ideal (SFI) do problema em questão, o sujeito é forçado a pensar quais as metas que tem de ser que alcançadas e quais são os requisitos desejados na solução obtida. Tendo assim uma orientação mais específica no sentido da resolução do problema podendo evitar eventuais esforços desnecessários devido a uma conceção errada do problema em questão (Iliev et al., 2011).

Este conceito é especialmente útil em situações onde os *stakeholders* também se encontram envolvidos no processo de resolução de problemas, ao permitir que estes deem os seus contributos pessoais no

processo de definição do sistema ideal, clarificando as necessidades ou desejos de cada um e dando uma oportunidade ao grupo de definir um consenso que agrade a todas as partes (Ilevbare et al., 2011).

SFI, por definição, deve incluir todos os benefícios que o cliente deseja, não produzir desperdício ou efeitos negativos, e ser capaz de ser produzido a custo zero (Rantanen & Domb, 2008). Querendo isto dizer que se considera a SFI como uma solução ideal, num mundo perfeito.

A idealidade do sistema é dada pela seguinte expressão (Navas, 2013):

$$idealidade = \frac{\sum \text{funções benéficas}}{\sum \text{custos} + \sum \text{funções prejudiciais}}$$

Como é possível observar, uma SFI irá obter um resultado de idealidade igual a um pois possui funções benéficas e ao simultaneamente nenhum custo ou funções prejudiciais.

O sistema atual também irá obter um certo valor na função idealidade, sendo o objetivo de todo o exercício de procura de soluções aumentar o valor da função idealidade para o valor final mais próximo de 1 possível, através da redução de custos, funções prejudiciais e/ou aumento de funções benéficas.

Para aumentar a idealidade de um sistema, existem algumas táticas mais populares e que obtêm resultados positivos (Altshuller, et al., 2002):

- Aumentar a quantidade de funções do sistema
- Transferir funções para o último elemento a produzir a ação final do sistema técnico.
- Transferir funções do sistema para ambiente ou supersistema.
- Utilizar recursos internos e/ou pertencentes à fronteira do sistema que estejam disponíveis.

Apesar de a metodologia ser de natureza bastante simples e acessível, utilizadores que tenham mais experiência na sua aplicação, irão ter mais facilidade em aplicar estes princípios na sua formulação de soluções.

O conceito de idealidade também se encontra interligado à teoria de padrões de evolução. No decorrer dos seus trabalhos de pesquisa, Altshuller notou que certas tendências se repetiam ao longo do tempo na evolução do desempenho de processos ou sistemas técnicos, tomando a forma de uma curva em forma de **S**, sendo que a tendência de cada sistemas é no sentido de se aproximar mais da sua condição ideal (Altshuller, 1984).

Após identificada a curva do ciclo de vida de evolução, esta foi dividida em quatro fases de ciclo de vida distintos (Domb, 1999):

- Infância (Verde)
- Crescimento (Azul)
- Maturidade (Amarelo)
- Declínio (Vermelho)

A [figura 2.10](#) apresenta os perfis da capacidade funcional, nível de inovação e quantidade desta, ao longo do ciclo de vida de sistemas técnicos.

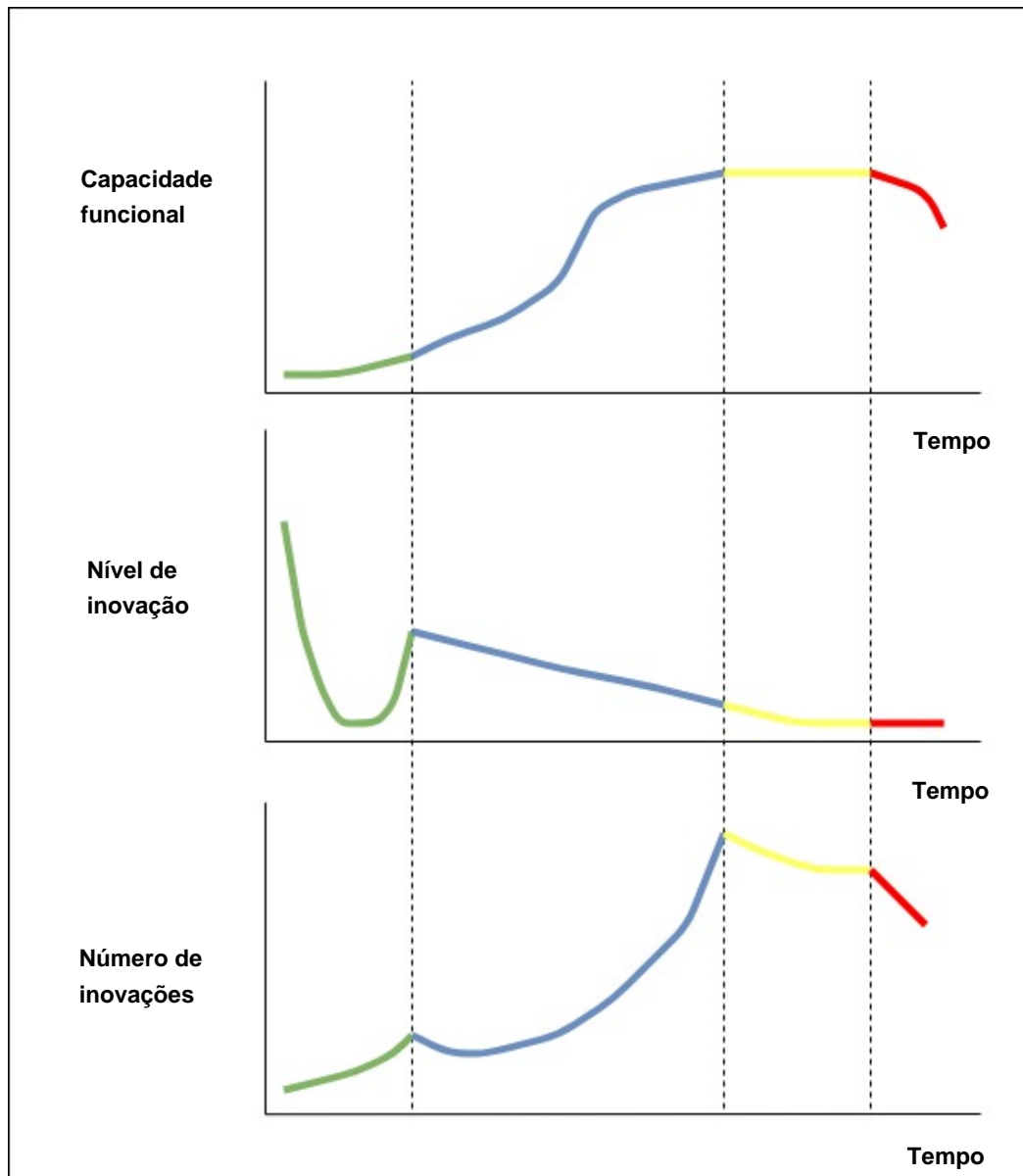


Figura 2.10 - Evolução da capacidade funcional, nível de inovação e número de inovações (Domb, 1999)

A infância é caracterizada por ser uma fase sem grandes retornos, e com crescimento lento. No desenvolver de um processo ou sistema técnico, representa o período de adaptação às novas técnicas ou o desenvolver destas. Se o sistema mostrar promessa, eventualmente será necessário um maior investimento de forma a desenvolver, e melhorar este. Inicia-se então a fase de crescimento. Nesta fase

grandes desenvolvimentos se sucedem em conjunto com mais funcionalidades ou aumento de eficiência, aproximando este à sua SFI. Eventualmente o sistema apresenta a característica de as melhorias ou desenvolvimentos incrementais ao sistema serem muito lentos devido à sua proximidade à sua SFI. Esta nova fase é denominada de maturidade, e geralmente novas funções são adicionadas a este, de modo a manter a competitividade até chegar à fase de declínio onde o sistema já se encontra obsoleto.

Nesta última etapa, através de uma solução inventiva, acontece a transição para um novo sistema, também apelidado de evolução- $\beta$  (Gadd, 2011; Savransky, 2000). Tal como ilustrado na [figura 2.11](#), a nova curva de evolução poderá iniciar acima ou abaixo da fase de maturidade do sistema anterior, no entanto observa-se que a evolução desta até a uma fase de maturidade, irá ultrapassar a anterior em termos de desempenho (Gadd, 2011).

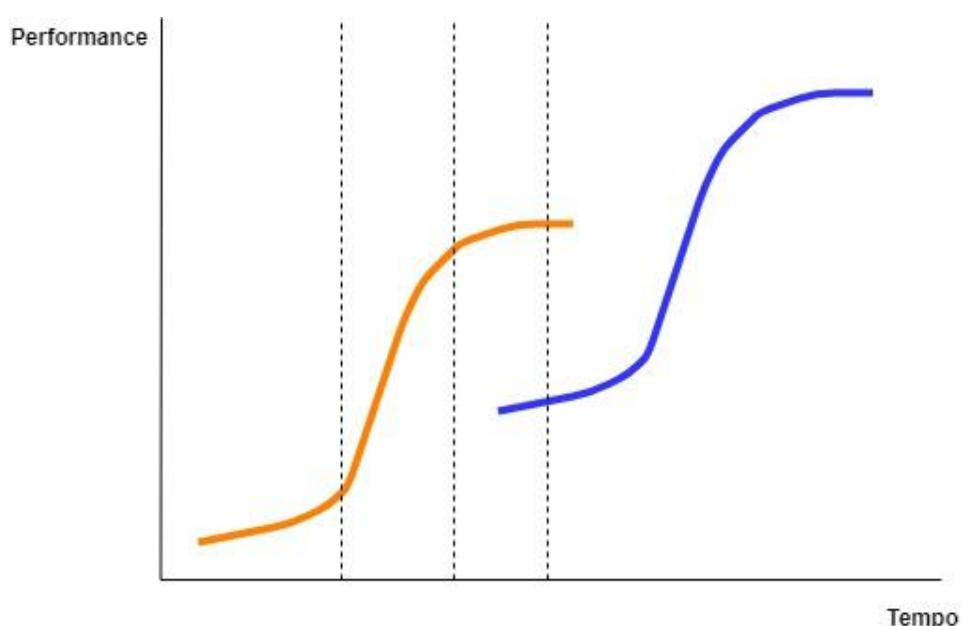


Figura 2.11 - Curvas de evolução (adaptado de D. Mann, 1999)

De modo a poder utilizar esta característica evolutiva de sistemas proactivamente, efetuando previsões de novas correntes tecnológicas emergentes contribuindo para a resolução de problemas inventivos, 8 diferentes padrões evolutivos de sistemas foram identificados (Ilevbare et al., 2011; Gadd, 2011):

- **Menor envolvimento humano:** maior automação e sistemas independentes.
- **Desenvolvimento assimétrico de subsistemas:** algumas partes desenvolvem-se mais rápido que outras.
- **Simples-Complexo-Simples:** repetição do padrão onde o sistema inicia simples, torna-se mais complexo ao longo do tempo e depois volta a simplificar.
- **Aumento do dinamismo, flexibilidade e controlo:** Sistemas tornam-se mais dinâmicos e flexíveis, e devido a isso, um maior controlo é necessário.

- **Segmentação crescente:** Uma maior utilização de componentes tendencialmente menores, até as partes serem tão pequenas que criam efeito-campo.
- **Dinamismo:** O sistema evolui de forma a poder entregar todas as suas funções mais efetivamente através de réplicas de si próprio. Se sistemas similares se juntam, formam um sistema homogêneo, ou se forem diferentes, heterógeno.
- **Aumento da idealidade:** Mais benefícios são obtidos, a menor custo e menor desperdício.
- **Estágios de evolução:** A evolução de sistemas cumpre as 4 fases do ciclo de vida de infância, crescimento, maturidade e declínio.

De modo a empregar estes conceitos efetivamente, é reconhecido que quanto mais experiência o utilizador possui, maior o seu sucesso no emprego desta.

#### 2.1.4. Ferramentas TRIZ

A TRIZ possui diversas ferramentas que foram sendo incorporadas nesta com o decorrer do tempo, através de estudos realizados pelos seus praticantes e/ou em âmbito académico. No entanto, o critério de escolha para definir quais destas devem ser utilizadas depende da preferência pessoal de cada pessoa, sendo que existe um conjunto de ferramentas recomendadas de usar, devido ao seu desempenho e popularidade. Para efeito deste trabalho, será utilizado a Matriz de contradições, análise de substância-campo, matriz de Idealidade e 76 soluções padrão + 7 soluções gerais, que se encontram abordadas neste capítulo.

##### 2.1.4.1. Matriz de contradições

Contradições técnicas podem ser resolvidas utilizando os 40 princípios de invenção. Estes são a principal ferramenta do corpo da TRIZ, e o seu uso é relativamente intuitivo e eficaz, tendo sido obtidos através da extensa análise de patentes iniciada por Altshuller (Ilevbare et al., 2011), ao observar os métodos utilizados para resolver diversos géneros de contradição. Esses métodos foram registados, catalogados e generalizados de forma a poderem ser interpretados consoante o contexto apresentado, independentemente do campo de ciência em que se encontram (Ekmekci & Koksai, 2015). A seguinte lista compreende os títulos de cada princípio de invenção e uma breve descrição do seu significado em formato de frases curtas e simples (Retseptor, 2003; Navas, 2014):

##### 1. Segmentação

- A. Dividir um objeto em partes independentes.
- B. Fazer um objeto fácil de desmontar.
- C. Aumentar o nível de fragmentação ou subdivisão.

##### 2. Extração

- A. Separar uma parte ou propriedade do objeto em questão, ou isolá-la.

##### 3. Qualidade local

- A. Alterar a estrutura de um objeto ou fator externo de uniforme para não uniforme.

- B. Colocar cada componente da função do objeto na situação mais apropriada para o seu funcionamento.
- C. Fazer cada parte do objeto cumprir uma função útil diferente.

#### **4. Assimetria**

- A. Alterar o formato do objeto de simétrico para assimétrico.
- B. Se um objeto é assimétrico, aumentar a assimetria.

#### **5. Combinação**

- A. Juntar funções idênticas ou objetos, ou coloca-los numa disposição que permita operações em paralelo.
- B. Alterar a operação de contínua para paralelo de forma a que estas sejam feitas ao mesmo tempo.

#### **6. Universalidade**

- A. Eliminar a necessidade de peças ao atribuir múltiplas funções a um objeto.
- B. Utilização de padronização.

#### **7. Matrioska**

- A. Colocar objetos uns dentro de outros.
- B. Fazer uma parte de um objeto passar através da cavidade de outro.

#### **8. Contrapeso**

- A. De forma a compensar o peso de um objeto, juntá-lo com outro que possa providenciar suspensão
- B. De forma a compensar o peso de um objeto, juntá-lo com o ambiente (flutuar, aerodinâmica, hidrodinâmica etc.)

#### **9. Contra-acção prévia**

- A. Se for necessária uma ação que provoque efeitos positivos e negativos, substituí-la por anti ação de forma a controlar os efeitos negativos.

#### **10. Ação prévia**

- A. Provocar, antes de ser necessário, a alteração necessária ao objeto, ou colocar antecipadamente os objetos no local mais conveniente de forma a exercerem a sua função.

#### **11. Amortecimento prévio**

- A. Preparar antecipadamente recursos de emergência de forma a compensar a inconsistência de um objeto.

#### **12. Equipotencialidade**

- A. Num campo de forças, limitar os graus de liberdade dos objetos de forma a haver menos alterações de posição.

#### **13. Inversão**

- A. Inverter a ação utilizada para resolver o problema (Invés de arrefecer, aquecer).
- B. Transformar partes móveis em partes fixas (ou ambiente externo), e vice-versa.
- C. “Virar o objeto do avesso”

#### **14. Esferacidade – curvatura**

- A. Utilizar partes, superfícies ou formas curvilíneas invés de retilíneas.
- B. Alterar partes que sejam cúbicas para esferoides.

#### **15. Dinamismo**



- A. Permitir, ou criar meios, que as características de um objeto, ambiente externo, ou processo possam ser modificados de modo a funcionarem no seu estado ótimo.
- B. Dividir o objeto em partes capazes de movimento relativo entre si.
- C. Se um processo ou objeto é rígido ou inflexível, torna-lo flexível e móvel.

#### **16. Ação parcial ou excessiva**

- A. Se uma condição é difícil de obter a 100%, então fazer ligeiramente “menos” ou “mais”. O problema pode tornar-se bastante mais simples.

#### **17. Transição para uma nova dimensão**

- A. Alterar o movimento entre espaço 2D para um 3D, ou vice-versa.
- B. Usar uma disposição com mais que uma camada invés de uma só.
- C. Rodar, reorientar ou colocar o objeto de lado.
- D. Usar o “outro lado” de uma determinada superfície.

#### **18. Vibrações mecânicas**

- A. Provocar oscilação ou vibração num objeto.
- B. Aumentar a frequência
- C. Utilizar vibrações ressonâncias
- D. Usar vibradores piezoelétrico invés de mecânicos.
- E. Combinar campos eletromagnéticos e vibração ultrassônica através de oscilação.

#### **19. Ação periódica**

- A. Invés de ação contínua, usar ritmo periódico.
- B. Se uma ação já é periódica, alterar a frequência.
- C. Usar as pausas entre impulsos para fazer outras ações.

#### **20. Continuidade de uma ação útil**

- A. Fazer o trabalho de forma contínua
- B. Eliminar os tempos de não ação ou ações esporádicas.

#### **21. Corrida apressada**

- A. Acelerar processos que possam conter ações perigosas ou destrutivas.

#### **22. Converter prejuízo em proveito**

- A. Utilizar efeitos negativos causados pelo ambiente de forma obter efeitos benéficos.
- B. Adicionar um efeito negativo ao efeito negativo principal.
- C. Amplificar um fator negativo ao ponto de que já não o ser.

#### **23. Reação**

- A. Introduzir processos de feedback de modo a poder monitorizar e controlar o processo.
- B. Se já existe um sistema de feedback, aumentar a magnitude e influência.

#### **24. Mediação**

- A. Utilizar processos intermediários para ligar subsistemas.
- B. Fundir um objeto temporariamente com outro (podendo ser depois removido).

#### **25. Self-Service**

- A. Fazer com que um objeto execute as funções auxiliares para além das primárias.
- B. Utilizar recursos, energia ou substâncias consideradas como desperdício.

**26.Cópia**

- A. Invés de utilizar um objeto caro, raro e frágil, utilizar um mais simples e barato.
- B. Substituir um objeto por uma cópia visual deste.
- C. Se uma cópia visual já é utilizada, utilizar tecnologia de infravermelhos ou ultravioleta.

**27.Objeto económico com vida curta em alternativa a durável, mas dispendioso**

- A. Substituir um objeto barato por múltiplos objetos baratos que tenham uma certa qualidade (durabilidade por exemplo)

**28.Substituição do sistema mecânico**

- A. Substituir um meio mecânico por sensores (ótico, acústico etc.)
- B. Utilizar campos magnéticos, elétricos ou eletromagnéticos para interagir com o objeto.
- C. Alterar de objeto estático para um móbil; de campos não estruturados para estruturados.
- D. Utilizar campos de forças em conjunto com objetos sensíveis a esses.

**29.Utilização de sistema pneumático ou hidráulico**

- A. Usar componentes líquidas ou gasosas invés de sólidas.

**30.Membranas flexíveis ou películas finas**

- A. Utilizar invólucros ou películas finas invés de estruturas de tridimensionais.
- B. Isolar um objeto do seu ambiente externo utilizando invólucros ou películas finas.

**31.Utilização de materiais porosos**

- A. Utilizar objetos porosos ou adicionar material poroso.
- B. Se um objeto já é poroso, utilizar os poros para introduzir funções ou substanciais.

**32.Mudança de cor**

- A. Alterar a cor de um objeto ou ambiente externo.
- B. Alterar o nível de transparência de um objeto ou ambiente.

**33.Homogeneidade**

- A. Fazer com que objetos que interajam entre si sejam compostos pelo mesmo material.

**34.Rejeição e recuperação de componentes**

- A. Fazer componentes de um objeto, que já tenha cumprido a sua função, desmontarem-se.
- B. Renovar partes consumíveis de um objeto através da sua operação.

**35.Transformação do estado físico ou químico**

- A. Alterar o estado físico do objeto (sólido, líquido ou gasoso).
- B. Alterar a concentração ou consistência do objeto.
- C. Mudar o grau de flexibilidade do objeto.
- D. Alterar a temperatura.

**36.Mudança de fase**

- A. Utilizar os fenómenos que ocorrem durante a transição de fases (Alteração de volume, perda ou absorção de calor, etc.)

**37.Expansão térmica**

- A. Usar expansão ou contração térmica dos materiais.

- B. Se expansão térmica já é utilizada, utilizar vários materiais com coeficientes térmicos de expansão diferentes.

### **38.Utilização de oxidantes fortes**

- A. Substituir ar comum por esse rico em oxigénio.
- B. Substituir ar rico em oxigénio por oxigénio puro.
- C. Expor ar ou oxigénio a radiação ionizante.
- D. Substituir ar ou oxigénio ionizado por ozono.

### **39.Ambiente inerte**

- A. Substituir o ambiente presente por um inerte.
- B. Adicionar componentes neutros ou aditivos inertes a um dado objeto.

### **40.Materiais compósitos**

- A. Alterar de material uniforme para compósito.

De forma a resolver uma contradição, primeiro é necessário identificar o problema, de forma a poder definir os parâmetros de engenharia em conflito (Navas, 2014).

A matriz de contradições pode então ser consultada, ao selecionar o parâmetro que se deseja melhorar de entre as linhas horizontais, para de seguida procurar a intersecção dessa linha com a coluna respetiva ao outro parâmetro identificado da contradição. Dentro de cada célula da matriz, existem números que funcionam como referências aos princípios a utilizar no caso de haver uma dada contradição. Esta ferramenta encontra-se como uma das mais populares dentro do corpo da TRIZ (Savransky, 2000).

## **2.1.4.2. Análise de substância-campo**

Análise de substância-campo é uma ferramenta da TRIZ utilizada para modelar problemas associados a sistemas tecnológicos existentes. Rege-se pelo princípio de que um sistema é criado de forma a executar um determinado número de funções, sendo que este é constituído por subsistemas ou componentes, que por sua vez também executam as suas funções (Rantanen & Domb, 2007). O enfoque da ferramenta concentra-se nas interações necessárias para um objeto ou substância de um sistema efetuar as funções desejadas. Este processo é estruturado sob a lógica de que um objeto ou substância S2, efetua a sua função mediante a ação de outro objeto S1, utilizando um campo de forças F.

O termo “substância”, em contexto TRIZ, refere-se a um objeto, independentemente do seu nível de complexidade, que pode ser tanto um só componente, como um subsistema ou até um sistema em si. Ao modelar o sistema através desta lógica, para além de simplificar a análise de todo este, também se torna possível compará-lo a outros casos já estudados e compilados na base de dados da TRIZ, permitindo a consulta de métodos anteriormente empregados na resolução de situações similares (Terninko, 2000).





Os passos necessários para a aplicação do modelo de substância-campo são os seguintes: (Navas, 2014)

1. Recolher informação disponível do sistema.
2. Construir o modelo substância-campo.
3. Identificar a situação que representa o problema.
4. Escolher uma solução padrão.

5. Desenvolver uma solução específica consoante o contexto.

É importante referir que existe uma simbologia utilizada para representar os efeitos desejados, nocivos e insuficientes, sendo que esta se encontra exposta na [tabela 2.4](#).

Tabela 2.4 - Notação utilizada na análise substância-campo (adaptado de J. Terninko, 2000)

Símbolo	Significado
	Não foi avaliado o efeito
	Ação e/ou efeito desejado
	Ação e/ou efeito insuficiente
	Ação e/ou efeito prejudicial

O modelo é considerado completo quando os três fatores S1, S2 e F se encontram presentes, no entanto, ao modelar um sistema real e com algum problema, é possível identificar outras morfologias de configurações. Existem quatro estruturas possíveis de ser detetadas, ao utilizar o modelo campo-substância (Gadd, 2011):

**1. Sistema eficaz e completo:** A substância S1 atua sobre S2, utilizando F e cumprindo o efeito desejado.

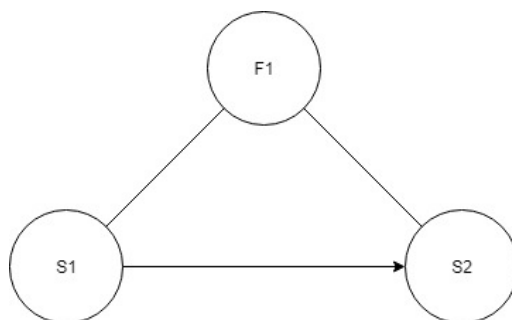


Figura 2.12 - Modelo substância-campo, de um modelo completo e eficaz.

**2. Sistema incompleto:** É necessária a adição de um novo elemento, ou a substituição do sistema.

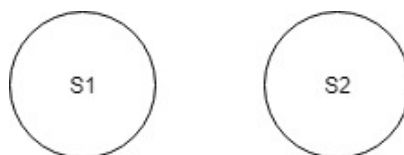


Figura 2.13 - Modelo substância-campo incompleto.

3. **Sistema completo, mas não eficaz:** Encontram-se as substâncias S1 e S2, e uma força F a atuar, no entanto o efeito produzido não é suficiente, ou eficiente. Recomenda-se a alteração de S1, S2, F1 ou a introdução de um novo elemento S3.

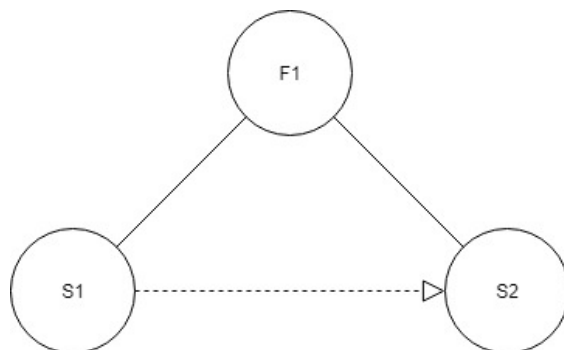


Figura 2.14 - Modelo substância-campo completo, mas ineficaz.

4. **Sistema completo, mas prejudicial:** Existe uma substância S1 a atuar numa substância S2, através de um F, no entanto o efeito produzido é prejudicial para o sistema, as sete soluções gerais sugerem abordagens a este tipo de sistemas.

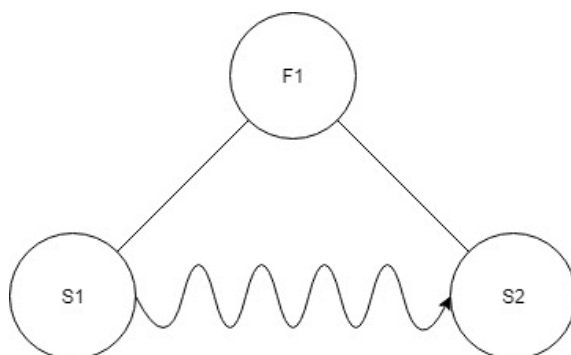


Figura 2.15 - Modelo substância-campo completo, mas prejudicial.

Se algum dos elementos do modelo estiver em falta, então essa própria ausência orienta o utilizador no sentido de o completar através de soluções inovativas, no entanto, se os três elementos estiverem presentes, o modelo também sugere formas de melhorar o desempenho do sistema (Navas, 2014). Estas são apresentadas sob o formato de 76 soluções padrão, que mais tarde foram simplificadas em 7 soluções gerais, que serão abordadas no subcapítulo seguinte.

#### 2.1.4.3. 76 Soluções padrão e as 7 soluções gerais

As 76 soluções padrão são soluções genéricas, baseadas em ideias e soluções utilizadas no passado, e recolhidas durante o trabalho de pesquisa realizado por Altshuller e seus colegas. No entanto, devido ao grande volume de soluções propostas, foi necessário categorizá-las por classes de acordo com a situação necessária (Wu, 2011; Navas, 2014):

- **Classe 1:** Construir ou destruir um modelo substância-campo (13 soluções *standard*)
- **Classe 2:** Desenvolvimento do modelo substância-campo (23 soluções *standard*)
- **Classe 3:** Transição de um sistema base para um supersistema ou subsistema (6 soluções padrão)
- **Classe 4:** Medir ou detetar qualquer elemento dentro de um sistema técnico (17 soluções padrão)
- **Classe 5:** Introduzir substâncias ou campos dentro de um sistema técnico (17 soluções padrão)

No entanto estas foram resumidas sob o formato de 7 soluções gerais, de forma a facilitar e aumentar a eficiência do seu uso (Zhanget al., 2009):

- **Completar um modelo substância campo.**

Completar o modelo ao adicionar uma substância em falta, tal como demonstrado na [figura 2.16](#).

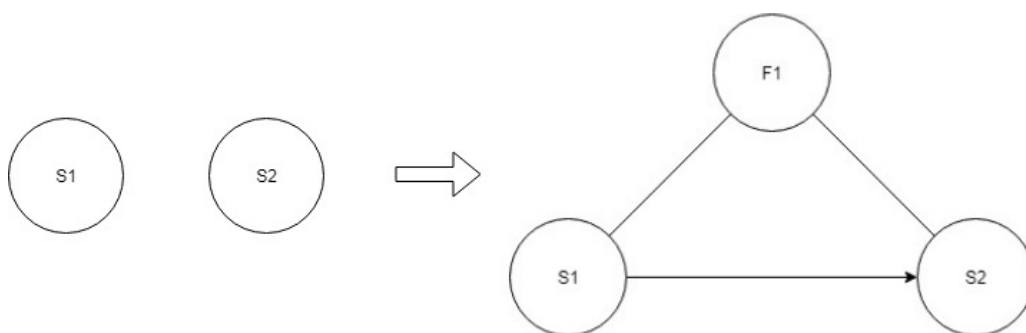


Figura 2.16 - Solução geral 1 do modelo substância-campo.

- **Eliminar ou reduzir efeitos prejudiciais ao alterar a substâncias S1.**

As propriedades físicas ou químicas de uma dada substância S1, podem ser alteradas internamente ou externamente, e temporariamente ou permanentemente, de forma a reduzir ou eliminar um impacto prejudicial. No entanto é-se desejado que o sistema substância-campo mantenha a mesma função benéfica. A [figura 2.17](#) pretende ilustrar a aplicação desta solução geral.

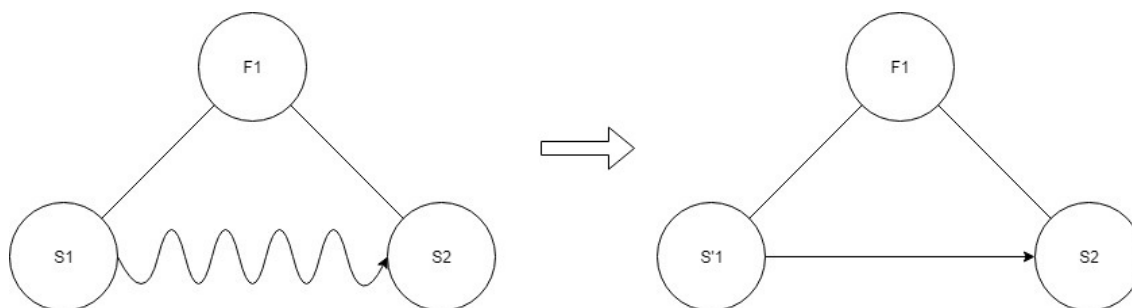


Figura 2.17 - Solução geral 2 do modelo substância-campo.

- **Modificar S2 de forma a ser menos sensível ao impacto nocivo.**

As propriedades físicas ou químicas de uma dada substância S2, podem ser alteradas internamente ou externamente, e temporariamente ou permanentemente, de forma a reduzir ou eliminar um impacto nocivo que elas sofram. No entanto é-se desejado que o sistema substância-campo mantenha a mesma função benéfica. A [figura 2.18](#) apresenta um exemplo da aplicação deste princípio.

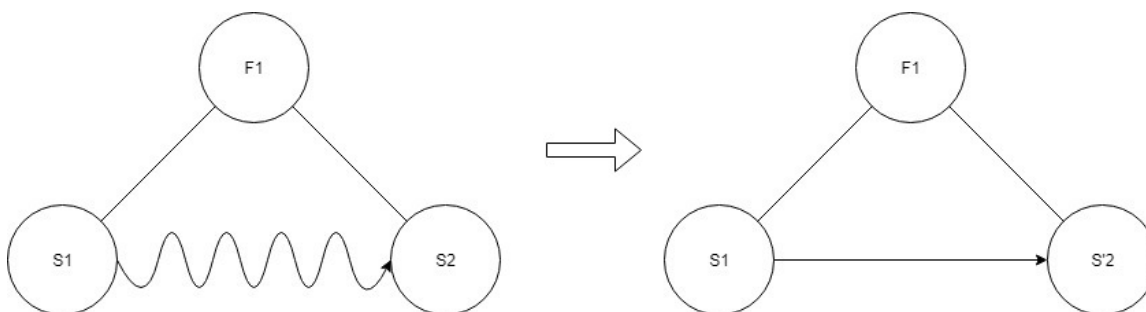


Figura 2.18 - Solução geral 3 do modelo substância-campo.

- **Alterar o campo F, por um Fx, de forma a reduzir ou eliminar um efeito nocivo.**

Alterar o campo existente enquanto se mantem as mesmas substâncias pode permitir reduzir o impacto negativo. Compreende-se essa alteração como, reduzir ou aumentar a intensidade do campo ou então substituição por um outro. É possível observar a aplicação desta solução geral na [figura 2.19](#).

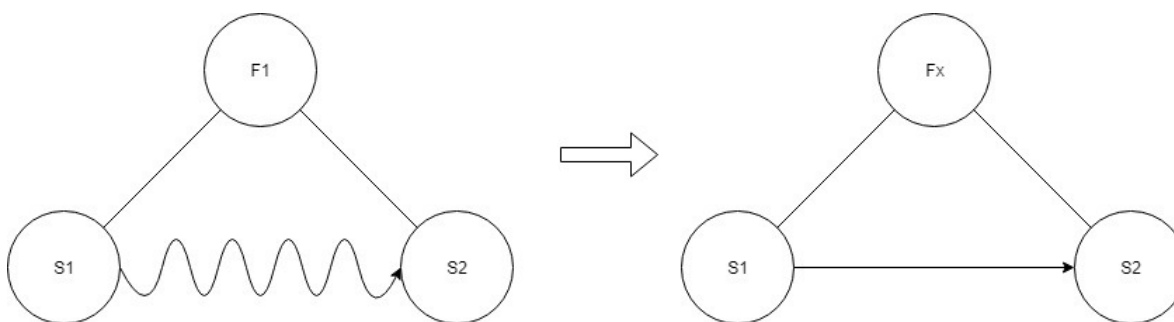


Figura 2.19 - Solução geral 4 do modelo substância-campo.

- **Eliminar, neutralizar ou isolar um impacto negativo ao adicionar um campo um novo campo Fx.**

Se ambas as substâncias têm que coexistir, num entanto existe um impacto nocivo, um campo Fx pode ser introduzido para eliminar, isolar ou neutralizar esse mesmo. Uma terceira substância irá ser necessária de forma a introduzir esse campo. A [figura 2.20](#) pretende ilustrar este conceito através de um exemplo.

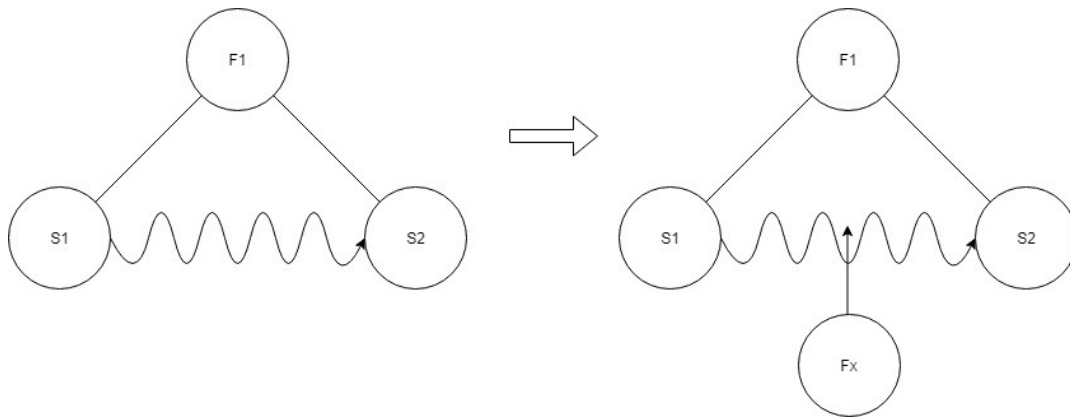


Figura 2.20 - Solução geral 5 do modelo substância-campo.

- **Adicionar um campo positivo F+.**

Um novo campo F+ pode ser adicionado, de forma a interagir com o campo F e aumentar o efeito benéfico e/ou reduzindo o efeito nocivo, mantendo as substâncias intactas. É possível observar a aplicação deste princípio na [figura 2.21](#).

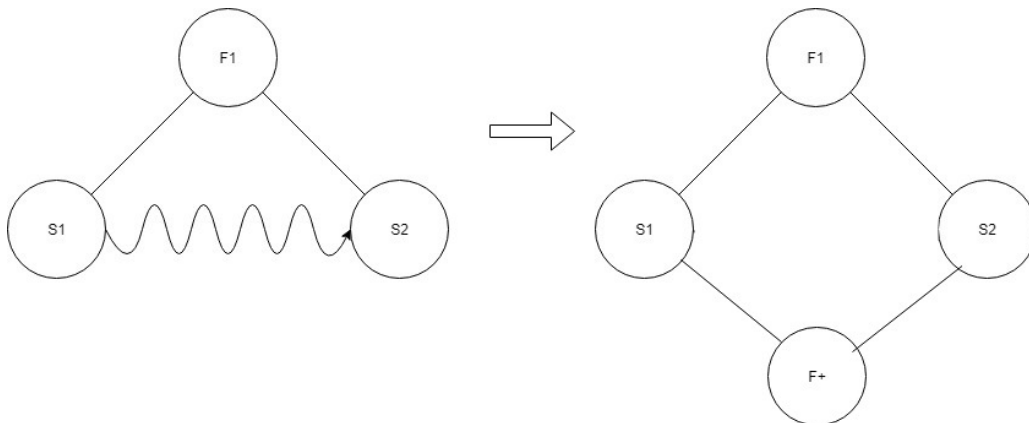


Figura 2.21 - Solução geral 6 do modelo substância-campo.

- **Expandir o modelo substância-campo de forma a criar uma cadeia.**

O modelo atual de substância-campo pode ser expandido em cadeia ao introduzir uma nova substância S3, fazendo com que S1 interaja com S2 através dessa nova adição. A [figura 2.22](#) pretende demonstrar o princípio mencionado, ao introduzir uma nova substância S3 que irá servir como o elo para a criação de uma nova cadeia.



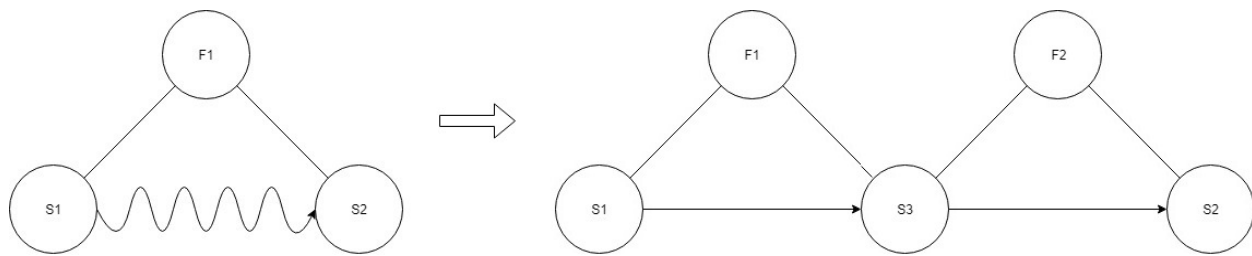


Figura 2.22 - Solução geral 7 do modelo substância-campo.

### 2.1.5. Eco-Compass

Em conjunção com as ferramentas da TRIZ utilizadas, e no sentido de fornecer apoio à metodologia de trabalho aplicada no decorrer do trabalho de forma a permitir obter resultados tendo em conta os impactos ambientais do produto/serviço, foi selecionada a ferramenta *Eco-compass* devido à sua elegibilidade e compatibilidade para com o corpo de conhecimento TRIZ.

Existem bastantes ferramentas que foram desenvolvidas no sentido de fornecer bases metodológicas na conceção de produtos e/ou serviços, tal como *Life-cycle Design Strategy wheel* e a *Eco-Compass*. Estas ferramentas providenciam métodos eficientes de avaliação, utilizando indicadores chave em termos ambientais, para comparar um novo produto com um cenário base (Fussler & James, 1996).

No entanto a *Eco-Compass* apresenta-se como uma das ferramentas mais populares na área de inovação ecológica devido ao seu nível de usabilidade, ou seja, facilidade de utilização, que no contexto rápido e competitivo de negócios, é um fator extremamente importante para adoção destas por parte de gestores de negócios/empresas (Yang et al., 2001).

A *Eco-compass* compõem-se por seis eixos inscritos num gráfico “radar”, onde cada um representa uma variável relevante em termos ambientais, sendo estes: intensidade de massa, potencial risco para saúde humana e ambiental, intensidade energética, reutilização de desperdícios, conservação de recursos e longevidade do serviço/função (Harrison, 2015). A utilização desta ferramenta consiste em fixar um cenário base, ao atribuir a pontuação de cada um dos campos com um valor de 2, e depois proceder à avaliação do/s novo/s cenário/s, concedendo uma determinada pontuação a cada parâmetro relativamente ao cenário fixado (Berket, 2002).

Essa pontuação relativa pode tomar valores compreendidos no intervalo [0-5], sendo que estes interpretam-se como: 1. Pelo menos metade do valor de referência, 2. Igual ao cenário base, 3. Até duas vezes o valor base, 4. Entre duas e quatro vezes melhor que a referência e 5. Pelo menos quatro vezes superior ao cenário fixado (Brzustewicz, 2016).

De forma a demonstrar o funcionamento desta ferramenta, a [figura 2.23](#) expõe um exemplo onde se pode observar a comparação de um novo cenário face a um determinado cenário base. Neste caso podemos inferir que existe um aumento substancial de performance em termos de longevidade de serviço/produto, potencial risco para saúde humana e ambiental, e reutilização de desperdícios.

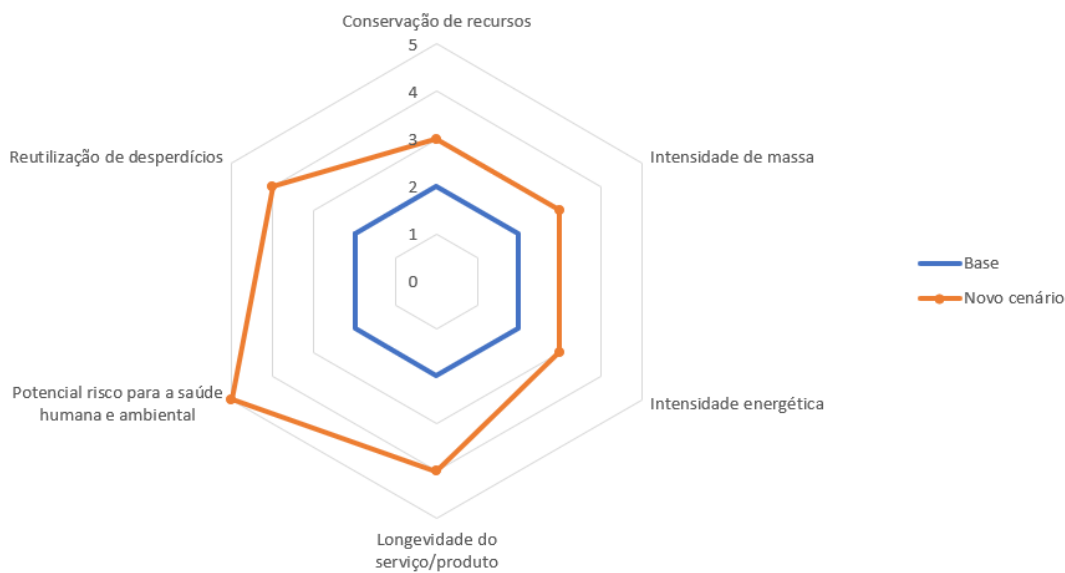


Figura 2.23 - Exemplo de aplicação da ferramenta *Eco-Compass* (adaptado de Harrison, 2015).

Cada um dos cabeçalhos apresentados tem como objetivo servir como um parâmetro de desempenho ambiental para os vários aspetos associados ao ciclo de vida de um produto/serviço (Fussler & James, 1996; Caudill et al., 1998), sendo estes:

- **Intensidade de massa:** Reflete a alteração da cadência do consumo de material e fardos associados a massa, relativamente ao produto/serviço durante o seu ciclo de vida.
- **Potencial risco para saúde humana e ambiental:** Traduz encargos ambientais associados ao produto/serviço durante o seu ciclo de vida, podendo este ser sob a forma de energia ou massa, com um potencial de risco para o ambiente ou ser humano.
- **Intensidade energética:** Reflete a intensidade do consumo de energia associado ao produto durante o seu ciclo de vida.
- **Reutilização de desperdícios:** Avalia a facilidade com que o produto/serviço e/ou os seus componentes podem ser reutilizados e/ou reciclados.
- **Conservação de recursos:** Traduz o nível de conservação de materiais e energia do produto/serviço durante o seu período de vida, assim como o uso de recursos raros ou limitados.
- **Longevidade e funções do serviço/produto:** Remete para a durabilidade do produto, ou extensão do seu ciclo de vida, assim como unidades funcionais disponíveis.

De forma a definir uma conexão entre a ferramenta *Eco-Compass*, e o corpo da TRIZ, um elo entre esta e a ferramenta matriz de contradições foi explorada por David Harrison (2015), sendo que foi revelado de que cada um dos cabeçalhos examinados: Intensidade de massa, potencial risco para saúde humana e ambiental, intensidade energética, reutilização de desperdícios, conservação de recursos e longevidade do serviço/produto, pode ser associado a determinados parâmetros de engenharia definidos por Altshuller. As associações propostas David Harrison (2015) encontram-se dispostas na [tabela 2.5](#), sendo que estas foram revistas para o âmbito deste trabalho, e novas associações foram propostas.

Tabela 2.5 - 39 parâmetros de engenharia da TRIZ e cabeçalhos da *Eco-Compass*.

Cabeçalho da <i>Eco-Compass</i>	Associação aos 39 parâmetros de engenharia proposta por D. Harrison	Associação aos 39 parâmetros de engenharia proposta pelo autor
Intensidade de massa	1.Peso do objeto em movimento. 2.Peso do objeto estático. 23.Perda de massa. 26.Quantidade de matéria. 39.Produtividade.	1.Peso do objeto em movimento. 2.Peso do objeto estático. 23.Perda de massa. 26.Quantidade de matéria. 39.Produtividade.
Potencial risco para saúde humana e ambiental	31.Efeitos colaterais.	22.Perda de energia. 23.Perda de massa. 31.Efeitos colaterais.
Intensidade energética	19.Energia dispensada por objeto em movimento. 20.Energia dispensada por objeto estático. 22.Perda de energia. 39.Produtividade	19.Energia dispensada por objeto em movimento. 20.Energia dispensada por objeto estático. 22.Perda de energia. 39.Produtividade
Reutilização de desperdícios	31.Efeitos colaterais.	31.Efeitos colaterais.
Conservação de recursos	31.Efeitos colaterais.	22.Perda de energia. 23.Perda de massa. 31.Efeitos colaterais.

Tabela 2.5 - (Continuação)

Cabeçalho da <i>Eco-Compass</i>	Associação aos 39 parâmetros de engenharia proposta por D. Harrison	Associação aos 39 parâmetros de engenharia proposta pelo autor
Longevidade do serviço/produto	15.Durabilidade do objeto em movimento. 16.Durabilidade do objeto estático. 27.Fiabilidade. 34.Reparabilidade. 35.Adaptabilidade. 39.Produtividade.	15.Durabilidade do objeto em movimento. 16.Durabilidade do objeto estático. 27.Fiabilidade. 34.Reparabilidade. 35.Adaptabilidade. 39.Produtividade.

Como é possível observar na [tabela 2.5](#), no trabalho de aplicação conjunto das duas ferramentas, os cabeçalhos do *Eco-Compass* que representam a maior dificuldade de associação com os 39 parâmetros de engenharia da TRIZ, são o “potencial risco para a saúde humana e ambiental”, “reutilização de desperdícios” e “conservação de recursos”, sendo que inicialmente estes se encontravam relacionados com um só parâmetro de engenharia “efeitos colaterais”.

A revisão de potenciais novas associações, desenvolvida para efeito dos estudos efetuados, propõe introduzir a ligação entre “potencial risco para a saúde humana e ambiental” e “Perda de energia”, “Perda de massa” e “Efeitos colaterais”, assumindo que desperdícios de energia e/ou massa podem estar relacionados com sistemas pouco eficientes, levando a uma maior quantidade de energia ou matéria emitida sem contribuir necessariamente para o efeito desejado, podendo esta ser prejudicial para o ambiente ou ser humano, sendo esse risco traduzido pelo parâmetro “efeitos colaterais”.

Também é sugerido associar “conservação de recursos” a “Perda de energia”, “Perda de massa” e “Efeitos colaterais”, pois o fenômeno de redução de desperdícios geralmente encontra-se associado a um ganho de eficiência, que por sua vez pode implicar uma redução de recursos utilizados. Neste sentido, e associado ao parâmetro de “efeitos colaterais”, estabelece-se uma necessidade de reduzir a utilização de recursos que possam gerar o efeito colateral.

### 3. Proposta do modelo de aplicação da TRIZ e *Eco-compass*

Neste capítulo é apresentada a metodologia proposta, de forma a integrar a TRIZ e *Eco-Compass* com o objetivo de atingir inovação tendo em conta o seu impacto ecológico. Utilizando a compatibilidade entre as ferramentas *Eco-Compass* e matriz de contradições, a lógica apresentada toma a forma do formato genérico do algoritmo de utilização da TRIZ, integrando a ferramenta ecológica como mecanismo de controlo de qualidade no final do processo de geração de soluções. Desta forma, é possível obter inovação de acordo com um determinado nível de parâmetros ambientais estabelecido, e ao mesmo tempo resolver o problema inventivo identificado mantendo as funções do sistema.

O fluxograma da [figura 3.1](#) demonstra a metodologia proposta, sendo que uma breve explicação de cada etapa será realizada.

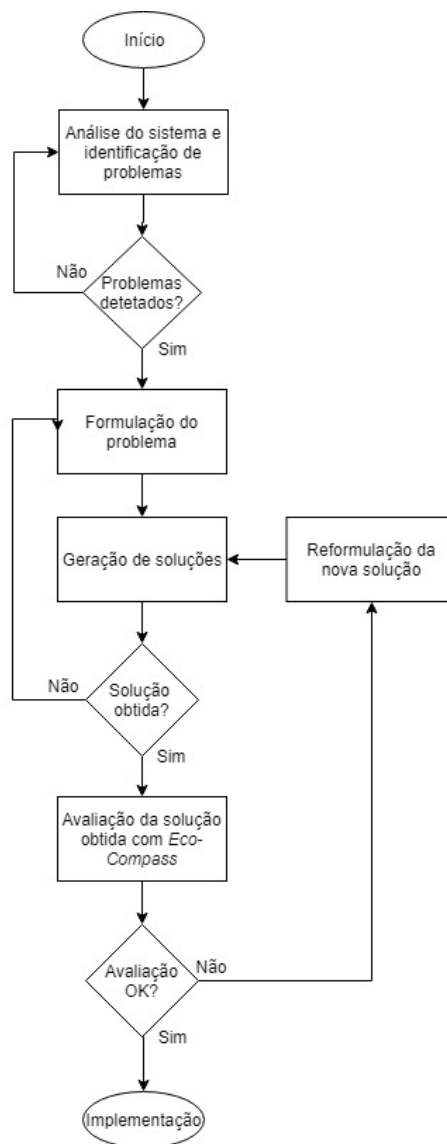


Figura 3.1 - Metodologia proposta para aplicação conjunta da TRIZ e *Eco-compass*

## **Análise do sistema e identificação de problemas**

No decorrer do funcionamento do sistema, diversos problemas podem ocorrer sendo que alguns podem ser resolvidos espontaneamente, outros exigem/sugerem soluções inovadoras. Um levantamento de problemas é necessário nesta etapa, sendo que é recomendado diálogos com utilizadores que interajam regularmente com o sistema, de forma a obter um melhor entendimento da situação, e a utilização de análise substância-campo de forma a detetar elementos ou interações problemáticas. Nesta etapa recomenda-se a aplicação da ferramenta de análise substância-campo e a matriz de idealidade.

A vantagem de utilizar a análise substância-campo compreende-se pela própria metodologia associada ao seu emprego, sendo esta a análise dos elementos existentes no sistema e suas interações, de forma a detetar eventuais interações prejudiciais ou incompletas.

No caso da matriz de idealidade, o trabalho de definição de parâmetros a melhorar no sistema, e consequente identificação de contradições, permite o utilizador identificar eventuais obstáculos a uma determinada evolução desejada para o sistema.

Caso nenhum problema seja detetado, deve-se assumir que esse facto se deve a alguma omissão da análise efetuada, tendo em mente de que é extremamente improvável de que não exista nenhum aspeto ou situação que possa ser alterado ou melhorado.

## **Formulação do problema**

Após identificar o problema, seguindo uma das guias da TRIZ, é importante uma correta formulação deste. Se o problema for mal definido, então as soluções geradas para resolver este, não irão ser apropriadas para se observar a evolução desejada do sistema.

De modo a se proceder corretamente nesta etapa, é necessário agregar os resultados obtidos das etapas antecedentes, e entender qual será o enfoque da resolução de problemas a efetuar, sendo que este terá impacto direto na utilização das ferramentas empregadas nos futuros passos, e como tal, nos resultados obtidos.

## **Geração de soluções**

Consoante o problema identificado, contradição física ou técnica, a TRIZ sugere a aplicação de determinadas ferramentas específicas, de forma a obter soluções abstratas, para depois serem contextualizadas na situação a ser abordada.

É importante referir que o utilizador poderá não se cingir apenas às ferramentas propostas, tendo liberdade para se servir de ferramentas com as quais tem mais experiência de utilização. Isto deve-se ao facto de que é reconhecido que em processos de resolução de problemas inventivos, existe uma correlação direta entre experiência do utilizador com dadas ferramentas e a produção de resultados efetivos através dessas mesmas.

No entanto recomenda-se a utilização dos 40 princípios de invenção de Altshuller de forma a ter acesso à base de dados resultante dos estudos efetuados pelos praticantes da TRIZ, permitindo um enfoque pertinente do espaço de soluções disponível, agilizando o processo de resolução do problema.

É também aconselhado um emprego da ferramenta janelas múltiplas no tempo, possibilitando usufruir da análise contextual do sistema, supersistema e subsistemas em termos históricos, e a definição de um conceito de idealidade para o sistema. Ajudando a estipular um objetivo a alcançar através da resolução do problema e estruturar requisitos necessários para eventuais soluções.

Sugere-se também a utilização da análise substância-campo nesta etapa, de forma a diagnosticar eventuais efeitos indesejados ou insuficientes na solução obtida, podendo ser estas complementadas através da aplicação das 7 soluções gerais. Assim é possível corrigir essas interações antecipadamente antes de se proceder à implementação desta.

Se, a partir deste passo, for obtida alguma solução passível de ser executada na situação em análise, então prossegue-se para a avaliação desta. Caso contrário, é necessária uma reformulação do problema, permitindo uma nova perspectiva sobre a situação.

### **Avaliação da solução obtida com *Eco-Compass***

Nesta etapa é feita uma avaliação da solução obtida, em termos de parâmetros ambientais, através da comparação da solução obtida com o cenário base. Consoante a informação disponível, esta apreciação pode ser feita de forma qualitativa ou quantitativa.

É necessário um reconhecimento do perfil de sustentabilidade desejado para a solução obtida, sendo que essa definição pode ser efetuada em conjunto com os *Stakeholders*, ou pode ser enquadrada com os objetivos ambientais declarados pela organização responsável.

O resultado obtido pode tomar diversos formatos em termos de perfil apresentado. Em situações onde o perfil obtido se encontra no limite dos critérios estabelecidos, é recomendado uma reconfirmação destes de modo a definir se se quer considerar a solução aprovada ou não.

Se cumprir os requisitos estipulados pela empresa/*stakeholders*, a solução final é aprovada. No entanto, se essa condição não se cumprir, os parâmetros de engenharia associados aos cabeçalhos ambientais em falha são identificados, e uma nova aplicação das ferramentas TRIZ é necessária, sendo que o sujeito será agora a solução proposta.

### **Reformulação da nova solução**

Um novo problema é então identificado, derivado da avaliação obtida, através da aplicação da ferramenta *Eco-Compass*. Os parâmetros de engenharia obtidos da associação com os cabeçalhos desta, já se encontram identificados, faltando identificar em que sistema ou que componentes se deve atuar. Para esse efeito, é recomendado a aplicação da análise substância-campo.

Após a sua identificação, uma reiteração da fase de geração de soluções é efetuada, sendo que o seu enfoque já se encontra estabelecido através do modelo substância-campo, partindo-se então para a

construção da matriz de idealidade, utilizando determinados parâmetros de engenharia já identificados, vindos da avaliação realizada com a ferramenta *Eco-compass*.

Se nenhuma solução for obtida, é necessário reexaminar o problema inicialmente identificado. No entanto se alguma solução for obtida com sucesso, uma nova avaliação, utilizando os parâmetros ambientais, é realizada, mantendo o cenário contemplado inicialmente como base de comparação.

Após a implementação da solução obtida, é recomendada uma nova aplicação da ferramenta *Eco-compass* em contexto operacional para avaliação desta, e determinar se existe alguma variabilidade de resultados em termos de parâmetros ambientais, face ao esperado inicialmente. Esta medida é recomendada devido ao facto de que por vezes, durante a implementação de determinados sistemas, é necessário efetuar adaptações a situações imprevistas, podendo esse processo afetar o desempenho esperado para a solução.



## 4. Estudos de casos

O presente capítulo visa apresentar a aplicação e análise de dois estudos de caso distintos. As duas empresas referidas nos estudos de caso possuem características diferentes em termos de dimensões (grande e média), sector de atividade (telecomunicações e energias) e nível de maturidade de processos instalados (matura e jovem).

### 4.1. Nokia – Metodologia de alteração de processos

A Nokia é uma empresa finlandesa, que no decorrer dos seus aproximadamente 150 anos de existência, se caracterizou por se ter focado em variados ramos de negócios, até alcançar reconhecimento mundial através do fabrico de telemóveis.

Iniciou a sua atividade como uma fábrica de papel, liderada por Fredrik Idestam, na cidade de Tampere na Finlândia, para depois expandir a sua produção para a cidade de Nokia, em 1868. Em 1871, este juntou-se a Leo Mechelin de forma a fundar a empresa Nokia, nome da localização da segunda fábrica. Em 1922, a sua gestão passou a ser controlada em conjunto por duas companhias de sectores dispare, de produção de cabos e telefones, e de produtos de borracha, sendo estas a Finish Cable Works e Finish Rubber Works.

Em 1967, durante a guerra fria, as três empresas fundiram-se, criando a Nokia Corporation. Nesta altura, esta era responsável pela produção de borracha, cabos elétricos, eletricidade, eletrónica e exploração vegetal, sendo que em 1970 conseguiu obter um contrato com o ramo militar, para a produção de equipamento de rádio e mascaras de gás.

Onze anos depois, a corporação encontrava-se a produzir telefonias móveis profissionais, condensadores e computadores pessoais, para eventualmente no ano de 1982 lançar a sua primeira linha de telemóveis, intitulada de Mobira Senator.

Após a separação de das duas importantes subdivisões da Finnish Cable Works e Finnish Rubber Works, em 1990, a Nokia focou a sua atividade em telecomunicações, envolvendo-se no desenvolvimento da rede padrão GSM.

O Nokia 1011 foi o primeiro modelo de telemóveis produzido pela companhia para acesso às massas, em 1992, e que iniciou um percurso que culminou em 1998, tendo a Nokia ultrapassado a Motorola, como a empresa com maior volume de vendas na indústria.

Entretanto, após o aparecimento do Android e Iphone, a Nokia não conseguiu acompanhar a competição originada por estes dois sistemas operativos, levando à venda da sua divisão de telemóveis à Microsoft, em 2013. Após este evento, a empresa especializou-se em infraestruturas de telecomunicações de larga escala e desenvolvimento e licenciamento de novas tecnologias, adquirindo a empresa Siemens, e alterando o nome da organização para Nokia Networks.

O trabalho efetuado no decorrer do estudo de caso insere-se no âmbito do departamento de transformação e melhoria contínua, sendo que por motivos de confidencialidade, todos os nomes de clientes e informação classificada serão omitidos. O portefólio de produtos da empresa compõe-se por um conjunto de serviços a ser aplicados em infraestruturas de telecomunicações. No entanto, durante o decorrer do período do

estudo de caso a empresa encontrava-se num processo de reestruturação destes, exigindo um esforço de recolha de informação e mapeamento dos processos, mas ao mesmo tempo proporcionando oportunidades de transformação.

### **Análise do sistema e identificação do problema:**

A empresa encontrava-se numa fase de reestruturação de serviços após um processo de fusão, exigindo novas ferramentas, métodos de trabalho e realocação de recursos humanos. No entanto, devido à complexidade, dimensão e competitividade dos serviços, a gestão encontra-se sob uma grande pressão para cumprir certos objetivos definidos de produtividade, e ao mesmo tempo, aumentar sua eficiência das suas atividades.

Neste contexto, as camadas de gestão apresentavam bastantes reservas na adoção de novas ferramentas ou métodos para as suas equipas operacionais, com medo de que estas se provem inefetivas, e a curto prazo pudessem causar disrupção no funcionamento normal destas. Tendo estipulado que é necessária uma argumentação sólida para as razões de adoção de uma determinada nova medida, e a apresentação de resultados de implementação prática, através de casos de usabilidade.

No entanto, as equipas de transformação também sofriam pressão por parte da organização para a procura de oportunidades de melhoria para as equipas operacionais, não conseguindo, no entanto, a colaboração dos departamentos responsáveis pela execução dos serviços comerciais.

Devido a este facto, as ações do departamento de transformação cingiam-se a projetos que eventualmente apresentavam deslizes de orçamento ou de tempo estimado para conclusão, efetuando análises de causa, de forma a compreender a razão de tal se ter sucedido. Geralmente, destes estudos resultava medidas de reestruturação de recursos humanos, ao detetar-se rendimentos destes abaixo do que era requerido para os parâmetros de projeto estipulados.

Do contacto com membros das equipas de transformação, foi inferido que estes se queixavam de não existir metodologias efetivas para a introdução de novos processos ou ferramentas, que pudessem permitir um trabalho efetivo de melhoria dos serviços de portefólio de uma forma não invasiva.

Sendo que contacto com as equipas operacionais permitiu identificar, que existia um receio por parte destes em permitir livre acesso de informação aos engenheiros de processos, devido à associação percecionada entre as suas atividades e despedimentos.

Depara-se então com um cenário estagnado em termos de evolução de desempenho de sistema, onde mudança é encarada com bastante resistência, mas, no entanto, é necessária.

Utilizando o modelo de substância-campo, pretende-se identificar que elementos do sistema constituem a situação problemática, e que em qual/quais se deve atuar.

Em primeira instância é necessário identificar quais os constituintes presentes, para de seguida poder proceder à análise das suas interações, e recorrer às 7 soluções gerais propostas por Altshuller e colegas, de forma a determinar um foco para o processo de resolução de problemas.

Após detetado um efeito prejudicial no sistema através da interação dos engenheiros de processos e as equipas operacionais, selecionou-se o modelo correspondente (figura 2.16), que traduz uma situação identificado no sistema. Neste contexto considerou-se que, S1 representa o engenheiro de processos, responsável pela proposta de alterações dos processos do serviço, S2 refere-se às tarefas operacionais das equipas de execução, e F1 alude à metodologia de implementação de casos de usabilidade.

Observa-se então que existe uma interação prejudicial entre o engenheiro de processos e a operação das equipas de trabalho quando é utilizada a metodologia de implementação de casos de usabilidade. Esta deve-se ao fato de as equipas terem de alocar recursos, tempo ou até interromper as suas atividades, de forma a aplicar essa mesma metodologia.

Analisou-se as soluções gerais a ser aplicadas a modelos substância-campo, propostas pela TRIZ, e foi então selecionada a solução geral número 4 pertencente a essas (figura 2.19), que sugere a alteração do campo F1 para um F'1, de forma a permitir que o modelo possa efetuar a ação desejada.

Foi então definido que o enfoque processo de resolução de problemas irá concentrar os seus esforços na transição do campo F1 para F'1, ou seja, na sugestão de uma nova metodologia de interação entre os agentes de transformação e os sujeitos desta.

### **Formulação do problema:**

Tendo sido feito um levantamento de efeitos indesejados no sistema, e determinado em que elementos se pretende atuar, é necessário então efetuar a formulação formal da questão a ser abordada. Da junção destes dois fatores obteve-se o seguinte enunciado:

“Que metodologia utilizar para teste de novas configurações de trabalho, ou ferramentas, de forma a não causar disrupção no funcionamento normal das equipas de projeto.”

### **Geração de soluções:**

Em primeiro lugar, de forma a ajudar a definir qual o conceito de solução ideal do problema, a ferramenta das janelas múltiplas, pertencente ao corpo da TRIZ, foi aplicada.

O primeiro passo consistiu no preenchimento da janela relativa ao sistema no presente, com a informação da origem do problema. De seguida, procedeu-se à identificação do supersistema e subsistema dentro da mesma linha temporal tendo esse processo permitido a compreensão do contexto da situação presente do sistema e envolventes.

Após efetuada essa etapa, as outras células da matriz foram preenchidas, noutras linhas temporais, permitido entender a progressão do sistema até o presente, e qual a tendência preferencial para a sua evolução futura.

A tabela 4.1, expõe os resultados do exercício efetuado.

Tabela 4.1 - Ferramenta das janelas múltiplas, caso de estudo 1.

	Passado	Presente	Futuro
<b>Supersistema</b>	Portefólio dinâmico, implicando bastantes alterações dos serviços que o compõem, ao longo do tempo .	Processo de reestruturação do portefólio, levando a <i>re-design</i> de serviços e dos seus processos constituintes.	Portefólio dinâmico, de forma a responder a um mercado cada vez mais competitivo, implicando a alteração dos serviços que o compõem.
<b>Sistema</b>	Alguma resistência da camada de gestão na adoção de novas ferramentas ou métodos de trabalho a serviços já em operação.	Muita resistência da camada de gestão na adoção de novas ferramentas ou métodos de trabalho, em serviços já em operação.	Pouca resistência na camada de gestão na adopção de novas ferramentas ou métodos de trabalho em serviços já em operação, desde que bem argumentados e melhorem a eficiência destes.
<b>Subsistema</b>	A necessidade de interromper a operação de equipas de trabalho, de forma a testar metodologias de trabalho ou novas ferramentas.	A necessidade de interromper a operação de equipas de trabalho, de forma a testar metodologias de trabalho ou novas ferramentas.	Não haver a necessidade de interromper a operação de equipas de trabalho, de forma a testar novas ferramentas ou métodos de trabalho.

Deste exercício, foi compreendido que a Nokia sempre se demarcou por ser uma empresa bastante versátil e adaptável face aos desafios vividos (conclusão derivada a partir da análise do historial da empresa), sendo esse a característica à qual se pode atribuir a sua longevidade.

No entanto, é possível compreender, que a resistência das camadas de gestão a propostas de alterações de processos foi aumentando ao longo do tempo. Este facto deve-se provavelmente ao aumento da competitividade do mercado de telecomunicações e a necessidade de manter a satisfação dos seus clientes, fazendo com que atrasos a nível de operações possam ter consequências grandes para a empresa.

Foi também identificado, através do preenchimento das colunas relativas ao período temporal do futuro que, de forma a sustentar a política de dinamismo de portefólio, e reduzir a resistência das camadas de gestão a novos métodos propostos, é necessária uma melhor integração dos processos de melhoria com os departamentos de execução. Concluiu-se que a solução ideal pode então ser definida como a ausência de necessidade de interromper a operação das equipas de trabalho para testar as diversas configurações de serviços ou ferramentas, permitindo um maior grau de liberdade para efetuar medidas de melhoria de desempenho destes.

De forma a definir então, quais as características desejadas para a solução ao problema exposto, procedeu-se à definição de requisitos que esta deverá cumprir, tendo em conta a análise efetuada até ao momento.

Compreendeu-se que é desejado que o método utilizado para criar a argumentação para a adoção de novas medidas ou casos de usabilidade seja de fácil utilização, permitindo que os seus vários utilizadores sejam capazes de usufruir da ferramenta, sem necessidade de um período extenso de treino. Que os resultados apresentados sejam de confiança, atribuindo validade aos resultados obtidos, e concedendo uma maior capacidade argumentativa dos casos de usabilidade efetuados. Não interrompa a atividade das

equipas em operação, evitando a um decréscimo do rendimento destes e ao mesmo tempo reduzindo a reticência das camadas de gestão em efetuar novos casos de usabilidade. Que exija um baixo nível de manutenção, reduzindo custos diretos associados à manutenção da ferramenta em questão e encorajando a sua implementação e uso, e finalmente, que seja versátil, de forma a poder testar várias hipóteses possíveis de medidas de melhoria, e atribuindo uma maior capacidade de adaptação da ferramenta fazendo com que, no caso de um planeamento de caso de usabilidade ter sido mal efetuado, ou um contratempo seja detetado a meio deste, seja possível responder positivamente a este, não desperdiçando o investimento de recursos ou tempo já efetuado.

Após identificado os requisitos desejados para a solução a obter, procedeu-se a um trabalho de interpretação destes sob o formato dos 39 parâmetros de engenharia, definidos por Altshuller, de forma a melhor se enquadrarem na metodologia da TRIZ.

Os resultados obtidos deste exercício foram os seguintes:

- **Usabilidade -> Conveniência de uso (aumento).**

É considerado importante que um utilizador do novo método seja capaz de o utilizar facilmente, de forma a aumentar a utilidade da ferramenta para este. Como tal, considera-se apropriada a associação de usabilidade com conveniência de uso, sendo que é desejado um aumento deste parâmetro.

- **Validez dos resultados obtidos -> Fiabilidade (aumento).**

Sendo que o objetivo deste processo é apresentar argumentos para a adoção de uma nova metodologia ou ferramenta, é necessário que esses apresentem validade nos seus resultados, ou seja, traduzam o melhor possível o sistema real, sendo consistente com este. Associa-se então a validade dos resultados obtidos ao parâmetro fiabilidade, preferindo-se um aumento do desempenho deste.

- **Tempo alocado, de uma equipa em operação -> Efeitos colaterais prejudiciais (Redução).**

É considerado um risco, de uma perspetiva de gestão, que haja elementos de um dado projeto alocados para uma função da qual os resultados produzidos são incertos, como tal, esse tempo é referido como um efeito colateral prejudicial. É desejada uma redução deste parâmetro.

- **Nível de manutenção necessário da ferramenta -> Nível de automação (aumento).**

O nível de automação no contexto em análise, refere-se especificamente à necessidade de um interveniente humano de forma a utilizar ou manter a ferramenta atualizada. É desejado que seja necessário alocar o mínimo de recursos humanos para este efeito, permitindo a utilização destes nas tarefas operacionais que gerem valor para a empresa. Como tal, é desejado que haja um aumento deste parâmetro.

- **Capacidade de teste de diferentes configurações -> Adaptabilidade (aumento).**

Adaptabilidade refere-se à capacidade da solução de ser aplicada em diferentes contextos. Foi então considerado associar este parâmetro com o requisito de capacidade de teste de diferentes configurações. Quanto mais versátil a ferramenta, melhor a capacidade desta para se enquadrar com as necessidades da empresa. É então definido que um aumento deste parâmetro é benéfico para a organização.

Tendo os parâmetros de engenharia definidos, é então possível aplicar estes na construção da matriz de idealidade do sistema (Tabela 4.2), de forma a detetar o tipo de interações que ocorrem entre estes. Uma interação pode classificar-se como positiva (+), negativa (-) ou não existentes, sendo que estas são identificadas a partir da questão de “se melhorar um dado parâmetro, o que acontece ao outro?” para cada combinação possível destes.

Tabela 4.2 - Matriz de idealidade com interações, caso de estudo 1.

	33.Conveniência de uso (aumento)	27.Fiabilidade (aumento)	31.Efeitos colaterais prejudiciais (redução)	38.Nível de automatação (aumento)	35.Adaptabilidade (aumento)
33.Conveniência de uso (aumento)				+	
27.Fiabilidade (aumento)			-	+	-
31.Efeitos colaterais prejudiciais (redução)		-			-
38.Nível de automatação (aumento)	+	+			
35.Adaptabilidade (aumento)		-	-		

Após a identificação das interações negativas, é possível então abordá-las através da matriz de contradições, de modo a formular uma solução que não contenha essas interações negativas:

**1. Fiabilidade -> Efeitos colaterais prejudiciais.**

Para um aumento da fiabilidade do método empregue, é necessário um maior controlo das variáveis do caso de usabilidade e/ou mais repetições do mesmo, de forma a atribuir consistência e validade estatística aos dados retirados destes. Isso implica uma maior duração de interrupção das equipas em operação.

**2. Fiabilidade -> Adaptabilidade.**

Tal como referido anteriormente, para aumentar a fiabilidade do método empregue, é necessário um maior controlo das variáveis do caso de usabilidade e/ou mais repetições do mesmo, de forma a atribuir consistência e validade estatística aos dados retirados destes. No entanto esse rigor, no método de implementação do caso de usabilidade, reduz a hipótese de alterações à proposta testada, sem reduzir a fiabilidade dos resultados.

**3. Efeitos colaterais prejudiciais -> Adaptabilidade.**

De forma a poder inferir dados úteis a partir da implementação do caso de usabilidade em questão, se for detetada a necessidade de alterar algum dos parâmetros de teste, irá ser necessário realizar

mais instâncias destes. No entanto esse facto implica que mais tempo da equipa operacional irá ser alocado para esse efeito.

É possível observar na [tabela 4.3](#), adaptada da matriz de contradições para o contexto do problema a ser analisado, quais os princípios de invenção identificados por Altshuller, de forma a eliminar as contradições identificadas.

Tabela 4.3 - Matriz de contradições, caso de estudo 1.

	33.Conveniência de uso (aumento)	27.Fiabilidade (aumento)	31.Efeitos colaterais prejudiciais (redução)	38.Nível de automatação (aumento)	35.Adaptabilidade (aumento)
33.Conveniência de uso (aumento)				1, 34, 12, 3	
27.Fiabilidade (aumento)			35, 2, 40, 26	11, 13, 27	13, 35, 8, 24
31.Efeitos colaterais prejudiciais (redução)		24, 2, 40, 39			
38.Nível de automatação (aumento)	1, 12, 34, 3	11, 27, 32			
35.Adaptabilidade (aumento)		35, 13, 8, 24			

Para a contradição identificada entre os parâmetros “Fiabilidade” e “Efeitos colaterais prejudiciais”, é sugerida a utilização do princípio de extração, através da separação ou isolamento de uma parte ou propriedade de um elemento.

Foi também identificado o princípio de invenção intitulado de cópia, podendo este ser implementado através da utilização de um objeto simples e barato invés de um caro e frágil, substituição deste por uma cópia visual e/ou no caso de este último já ser utilizado, adotar propriedades de infravermelhos ou ultravioleta.

É recomendada a aplicação de materiais compósitos invés de uniformes, e finalmente é sugerida a utilização do princípio de transformação do estado físico ou químico, podendo este ser alcançado através da alteração do estado físico do objeto, a sua concentração ou consistência, grau de flexibilidade e/ou temperatura.

No caso de “Fiabilidade” e “adaptabilidade”, quatro princípios são sugeridos sendo estes o de contrapeso, podendo ser realizado ao juntar dois elementos, ou um destes com o ambiente, de forma a compensar o peso deste. Inversão, ao inverter a ação inicialmente utilizada para resolver um dado problema, por

exemplo, se foi necessário aquecer o sistema, arrefecer invés, alterar o grau de dinamismo de determinados elementos entre estático ou móbil, ou então inverter o sistema completamente, ação referida coloquialmente como “virar o objeto do avesso”. Mediação, ao utilizar processos intermédios para ligar subsistemas ou permitir a fusão temporária destes. E finalmente transformação do estado físico do objeto, ao alterar propriedades físicas, concentrações ou consistências, graus de flexibilidade ou temperatura deste.

Quanto à contradição existente entre o parâmetro de “Efeitos colaterais prejudiciais” e “Adaptabilidade”, nenhum princípio inventivo é associado à sua resolução através da matriz de contradições de Altshuller.

Os princípios identificados encontram-se ainda sob um formato genérico, é então necessário contextualizar estes para o problema específico, de forma a poder utilizar estes no processo de formalização de uma solução específica.

Procedeu-se então à análise de cada princípio de invenção identificado, de forma a entender se existe então, uma aplicação destes no contexto em análise. A lista seguinte enuncia o princípio em questão, e identificação da sua possível utilização no problema em análise. Para este efeito, tratando-se de um serviço, utilizou-se como referência o trabalho de compilação efetuado por Gennady Retseptor (2003), de forma a entender como cada *item* pode ser interpretado na situação analisada:

- **Extração**

A. Separar uma parte ou propriedade do objeto em questão, ou isolá-la.

Possível aplicação: **Outsourcing** e/ou **separar o problema de pessoas**.

- **Contrapeso**

A. De forma a compensar o peso de um objeto, juntá-lo com outro que possa providenciar suspensão ou com o ambiente (flutuar, aerodinâmica, hidrodinâmica etc.)

B. De forma a compensar o peso de um objeto, juntá-lo com o ambiente (flutuar, aerodinâmica, hidrodinâmica etc.)

Possível aplicação: **Angariar Stakeholders para um projeto** e/ou **apresentar soluções à gestão antes de aplicação**.

- **Inversão**

A. Inverter a ação utilizada para resolver o problema (Invés de arrefecer, aquecer).

B. Transformar partes móveis em partes fixas (ou ambiente externo), e vice-versa.

C. “Virar o objeto do avesso”

Possível aplicação: **Permitir que o sistema seja utilizado pelas equipas operacionais, invés de só os engenheiros de processos**.

- **Mediação**

A. Utilizar processos intermediários para ligar subsistemas.

B. Fundir um objeto temporariamente com outro (podendo ser depois removido).



Possível aplicação: **Contratar consultores e/ou auditoria de qualidade externa.**

- **Cópia**

- A. Invés de utilizar um objeto caro, raro e frágil, utilizar um mais simples e barato.
- B. Substituir um objeto por uma cópia visual deste.
- C. Se uma cópia visual já é utilizada, utilizar tecnologia de infravermelhos ou ultravioleta.

Possível aplicação: **Utilizar protótipos rápidos e descartáveis, aplicar modelos de processos, utilizar uma base de dados virtual invés de em papel e/ou utilizar simulações.**

- **Transformação do estado físico ou químico**

- A. Alterar o estado físico do objeto (sólido, líquido ou gasoso).
- B. Alterar a concentração ou consistência do objeto.
- C. Mudar o grau de flexibilidade do objeto.
- D. Alterar a temperatura.

Possível aplicação: **Utilizar protótipos virtuais, utilizar modelos de simulação matemáticos e/ou entusiasmar possíveis clientes do produto, ao permitir que eles possam efetuar alterações nesse mesmo.**

- **Materiais compósitos**

- A. Alterar de material uniforme para compósito.

Possível aplicação: **Utilizar recursos humanos híbridos entre efetivos e estagiários e/ou utilizar variados meios de media para providenciar treino aos utilizadores (vídeo, escrito, áudio etc.)**

De forma a facilitar o processo de consulta para a elaboração de uma solução específica, os princípios identificados foram compilados numa tabela, assim como as suas possíveis aplicações e frequência com que foram referidos para as várias contradições.

*Tabela 4.4 - Frequência de princípios inventivos identificados, estudo de caso 1*

Princípio inventivo	Possíveis aplicações	Frequência
Transformação do estado físico ou químico	Utilizar protótipos virtuais, utilizar modelos de simulação matemáticos e/ou entusiasmar possíveis clientes do produto, ao permitir que eles possam efetuar alterações nesse mesmo.	2
Extração	<i>Outsourcing</i> e/ou separar o problema de pessoas.	1
Contrapeso	Angariar <i>Stakeholders</i> para um projeto e/ou apresentar soluções à gestão antes de aplicação.	1

Tabela 4.4 - (Continuação)

Princípio inventivo	Possíveis aplicações	Frequência
Inversão	Permitir que o sistema seja utilizado pelas equipas operacionais, invés de só os engenheiros de processos.	1
Mediação	Contratar consultores e/ou auditoria de qualidade externa.	1
Cópia	Utilizar protótipos rápidos e descartáveis, aplicar modelos de processos, utilizar uma base de dados virtual invés de em papel e/ou utilizar simulações.	1
Materiais compósitos	Utilizar recursos humanos híbridos entre efetivos e estagiários e/ou utilizar variados meios de media para providenciar treino aos utilizadores (vídeo, escrito, áudio etc.)	1

Como é possível observar, a conjunção dos princípios “transformação do estado físico ou químico”, “extração”, e “cópia”, remetem para uma possível solução que utilize modelos de simulação e a combinação de “transformação do estado físico ou químico” e “inversão”, sugere explorar a hipótese de alargar o acesso à ferramenta para além de apenas os engenheiros de processos.

O princípio “cópia” também alude ao facto de ser necessário pensar na gestão da base de dados responsável pela alimentação de dados a um possível modelo de simulação. Aplicando mais uma vez os modelos de substância-campo, a possível configuração da solução é então estruturada, permitindo também identificar se existe uma necessidade de introduzir ou alterar algum dos seus elementos.

Os elementos existentes no sistema mantêm-se como os agentes que propõe as medidas de melhoria, as tarefas ou processos operacionais, tendo sido substituída a metodologia a ser aplicada pela nova solução obtida.

O modelo representado na [figura 2.14](#) traduz o novo sistema concessionado, sendo que este ainda apresenta uma interação insuficiente entre o engenheiro de processos e as equipas operacionais. Neste caso S1 refere-se ao utilizador que quer realizar o caso de usabilidade, S2 alude às tarefas das equipas operacionais, e F’1 é a nova metodologia para elaboração de casos de usabilidade, através de modelos de simulação.

O efeito insuficiente deve-se ao facto de ser necessária a recolha de dados sobre configurações dos processos em análise, tempos, custos e outras variáveis pertinentes. Podendo necessitar bastante tempo de atividade para o agente S1, e/ou afetar o funcionamento de S2. Como tal, o sistema ainda pode ser sujeito a melhorias.

É recomendado que, ao utilizar o modelo substância-campo, quando uma situação de efeito desejado insuficiente é identificada, deve-se proceder à alteração de S1, S2 ou F'1, ou então introduzir uma nova substância S3 de forma a produzir o efeito desejado.

O modelo substância-campo irá então se apresentar sob o formato exposto na [figura 4.1](#).

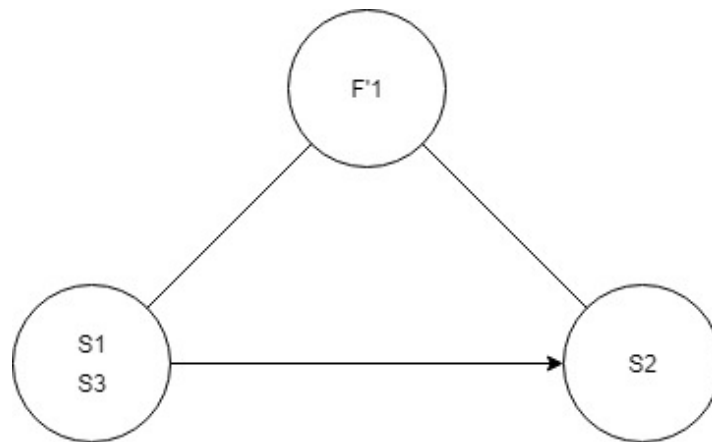


Figura 4.1 - Introdução de uma substância S3 no modelo substância-campo.

Essa substância S3, utilizando o princípio de inovação de índice (26) identificado na aplicação de matriz de contradições, será então a base dados responsável pela alimentação contínua do *software* de simulação utilizado.

Analisando os recursos disponíveis no sistema e perto da fronteira, foi identificado que existe já uma equipa responsável pelo mapeamento dos processos e subprocessos dos serviços oferecido pela empresa. A sua função é entrevistar os responsáveis por cada um destes recolher os últimos dados disponíveis, e registar estes sob o formato BPMN, numa base de dados interna.

Foi então sugerido criar um elo entre esse trabalho efetuado, e possível metodologia de simulação para a elaboração de casos de usabilidade. Os responsáveis pelas equipas de mapeamento de processos ficaram entusiasmados com a proposta, pois o *software* onde a base de dados era registada continha funções de simulação integradas, mas não exploradas.

A equipa responsável por esse *software* apresentou-se interessada na proposta, sendo que o trabalho de adaptação da ferramenta foi então iniciado.

O novo desafio consiste então por definir um processo através do qual essa base de dados possa obter informação atualizada sobre variáveis mais específicas dos processos e subprocessos em questão, tal como tempos de atividade, recursos utilizados e outras.

Determinou-se que a equipa de mapeamento de processos irá tomar a responsabilidade de manter os modelos de simulação atuais em termos de estrutura e morfologia, nos seus diversos níveis de funcionamento. Sendo que a recolha de dados necessária para alimentar esses mesmos, terá que ser abordada através de outros métodos.

O processo de recolha de dados a nível de processos, ou mais popularmente referente como *Data Mining* devido ao seu volume, trata-se de um novo problema complexo aos quais diversas empresas dedicam muito esforço para desenvolver e implementar.

Como tal, esta atividade necessita de uma equipa responsável para o seu planeamento, elaboração e execução. Tendo esta, a responsabilidade de identificar cada um dos processos dentro do âmbito de trabalho, planear a sua abordagem e elaborar *software* capaz de registar a informação necessária tais como tempos, custos associados e outras variáveis pertinentes para a elaboração de modelos de simulação.

Foi então nomeado um responsável por esta iniciativa, sendo que as suas atividades não se encontram incluídas neste estudo de caso.

### **Apresentação da solução final:**

A solução final, de forma a responder ao problema identificado, passou pela adaptação de uma ferramenta já existente, atribuindo-lhe capacidades de simulação e integrando o trabalho de mapeamento de processos com o trabalho de construção dos modelos para a simulação. Para além de ser uma solução que utiliza recursos já existentes no sistema, permitiu também construir um argumento para aumentar o grau de adesão dos PM's à recolha de informação sobre os serviços, de forma a poderem beneficiar das funções de planeamento de métodos e ferramentas alternativos, e ao mesmo tempo justificar uma maior alocação de servidores dedicados à ferramenta, melhorando o seu desempenho e experiência de utilizador.

### **Avaliação com o *Eco-Compass*:**

Foi então realizado a avaliação de sustentabilidade da solução final, através da ferramenta *Eco-Compass*, sendo que é importante referir que a Nokia possui uma política de encorajamento de iniciativas que promovam sustentabilidade.

No entanto nenhum nível de cabeçalhos ambientais foi especificado, e como tal, a condição para avaliar se a solução é considerada apropriada para ser apresentada, é “a melhoria de pelo menos dois parâmetros sem piorar os outros”. Por não existirem dados disponíveis para elaborar uma avaliação quantitativa, foi utilizada uma apreciação qualitativa de forma a poder aplicar a ferramenta.

Numa primeira fase, foi necessário identificar o ciclo de vida associado ao cenário base, sendo que como não se trata de um produto, mas sim de um serviço, compreende-se que é necessário que exista, após o início deste, uma determinada sequência de passos até à sua resolução.

O cenário base ([figura 4.2](#)) apresenta dois momentos, após a implementação do caso de usabilidade, nos quais poderá ser necessário redefinir as alterações propostas, e reiniciar o fluxo de trabalho. No entanto, se existir a necessidade de efetuar cenários de usabilidade adicionais, será necessária a alocação de recursos para tal efeito, podendo estes ser necessários para outras operações da empresa. Por essa razão, existe um elevado nível de exigência por parte das camadas de gestão para a aprovação da implementação do caso de usabilidade.

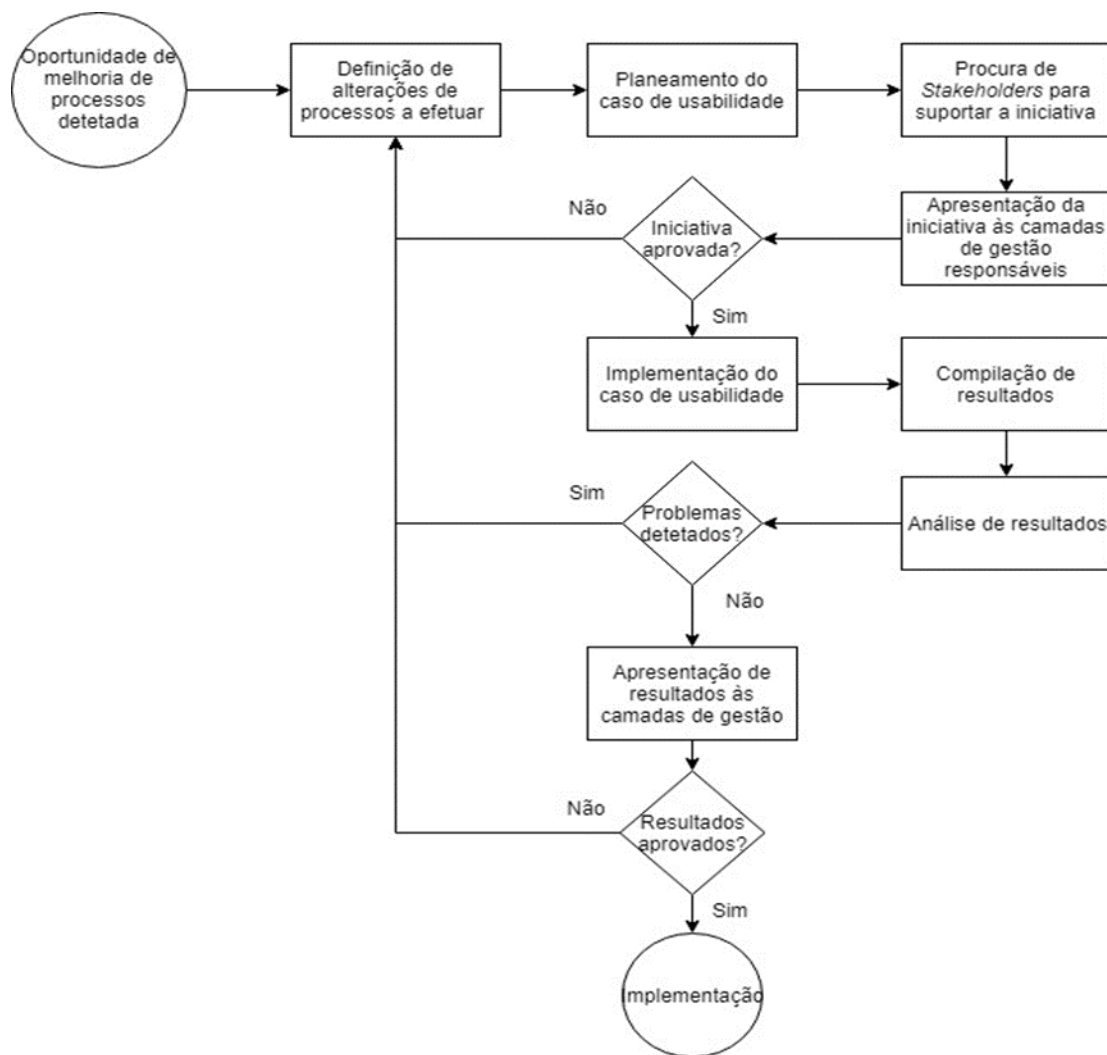


Figura 4.2 - Diagrama do serviço de transformação base, estudo de caso 1.

Já o novo cenário introduz alterações significantes ao substituir as etapas de “implementação do caso de usabilidade” e “compilação de resultados”, por “simulação de cenários desenhados”. Essa substituição ocorre devido às funcionalidades do *Software* de simulação, que permitem a compilação automática dos resultados obtidos, exigindo efetuar apenas a sua análise.

A razão de esta etapa se encontrar definida no plural, deve-se ao facto de ser possível simular mais que um cenário simultaneamente, não implicando a utilização de recursos adicionais relevantes. Consequentemente, as etapas de “definição de alterações de processos a efetuar” e “planeamento de caso de usabilidade” também irão ter uma dinâmica diferente, ao existir a capacidade de serem analisados mais que uma proposta de transformação sem custos acrescidos.

Da mesma forma, caso haja necessidade de reiniciar o fluxo devido a problemas detetados ou não aprovação dos resultados obtidos após a sua análise, uma menor quantidade de recursos terá sido

investida na construção dos casos de usabilidade. Por essa razão, a resistência por parte das camadas de gestão para a aprovação da iniciativa, irá diminuir.

A [figura 4.3](#) apresenta o fluxo de trabalho associado à metodologia proposta.

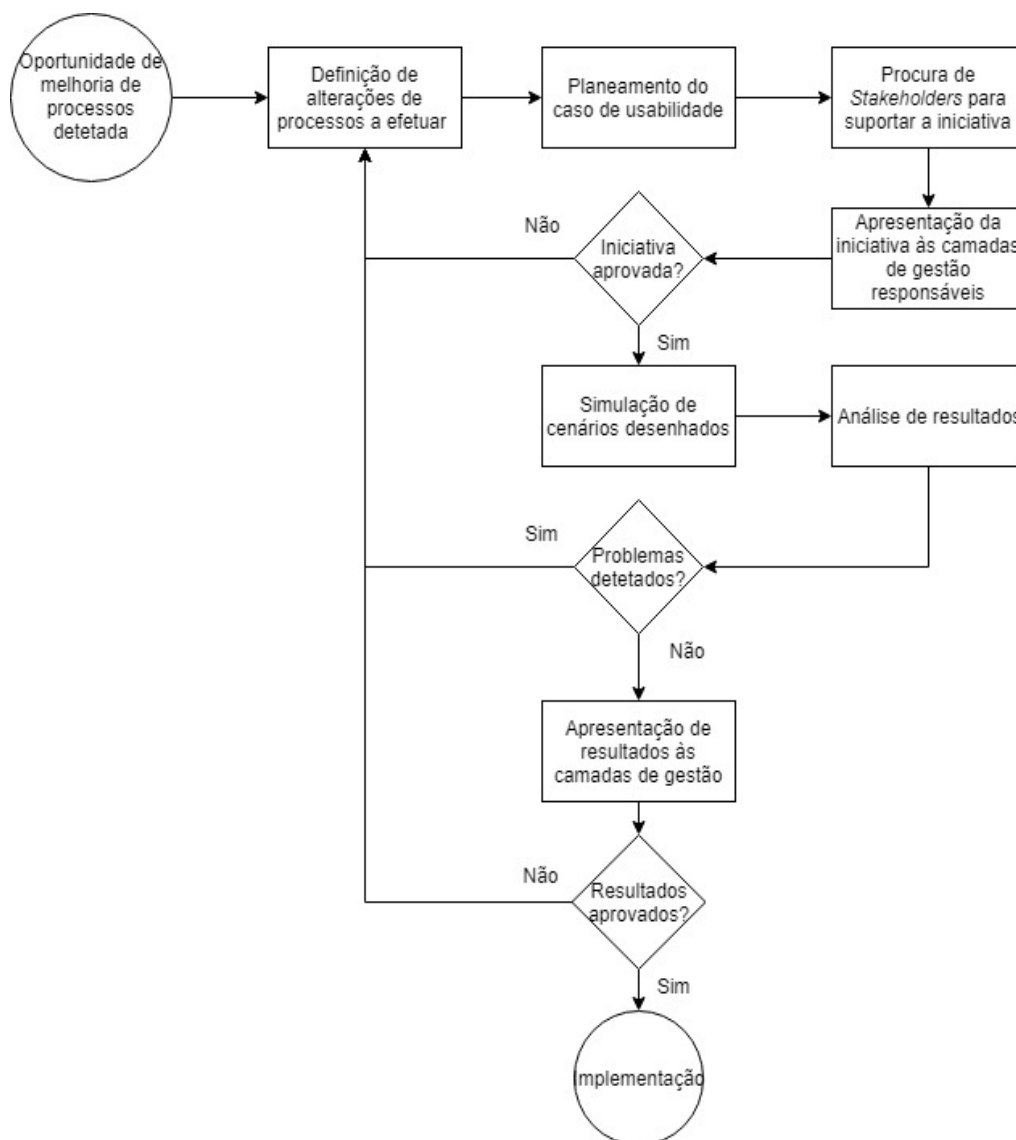


Figura 4.3 - Diagrama do serviço de transformação proposto, estudo de caso 1.

Tendo os diagramas de ambos os cenários delineados, é possível então proceder à comparação de cada um dos índices da *Eco-Compass*, entre os dois cenários em análise. Os parâmetros do cenário base são fixados com o valor 2 numa escala de 1 a 5, e os critérios do novo cenário proposto são determinados relativamente a esse.

Devido à ausência de dados disponíveis para efetuar cálculos quantitativos, foi utilizada uma abordagem qualitativa.

### **Intensidade de massa**

A diferença entre o cenário base e o proposto, passa pela introdução de um método de simulação dos casos de usabilidade, em alternativa à execução desses mesmos. Uma das vantagens de utilizar métodos de simulação face à implementação destes é facto de permitir a análise de variados cenários de simulação sem necessidade de efetivamente utilizar os seus recursos constituintes.

A escala de 1 a 5, sendo relativa, normalmente é calculada através da redução percentual do consumo de massa ou recursos entre os dois cenários. Como na nova situação, os consumos relativos a massas ou recursos, é praticamente nula, assumiu-se pontuação de 5 para este parâmetro.

### **Potencial risco para a saúde humana e ambiental**

Seguindo a mesma lógica, para o parâmetro “Potencial risco para a saúde humana e ambiental”, é entendido que ao evitar a necessidade de implementar cenários teste para efetuar a análise dos seus efeitos, torna-se possível prever e planear antecipadamente medidas de controle a reações do sistema a novas ferramentas ou métodos. Uma modelação correta do sistema no *software* de simulação, permite analisar o seu funcionamento em condições extremas de utilização e detetar pontos de rotura do mesmo, facultando na criação antecipada de medidas de prevenção para as consequências reais que daí possam advir.

Assume-se então que o risco para a saúde humana e ambiental é reduzido drasticamente, no entanto a qualidade da modelação do sistema é crucial para evitar eventuais futuros impactos. Por essa razão, a pontuação atribuída neste campo foi definida como 4.

### **Intensidade energética**

Considera-se que o parâmetro de intensidade energética também é reduzido, ao evitar o processo de implementação dos casos de usabilidade, sendo que, devido à sua natureza de infraestruturas de telecomunicações, pode ou não envolver grandes custos energéticos. Outra vantagem de utilizar simulação, é o fato de ser possível, através do processamento de vários cenários em paralelo, encontrar a combinação de parâmetros que apresenta o melhor desempenho energético de componentes do sistema. A pontuação atribuída para este parâmetro é 5.

### **Reutilização de desperdícios**

Um modelo de simulação construído corretamente, regista apenas os níveis de desperdícios sem os realmente produzir, ao contrário do cenário em que o caso de usabilidade é realmente implementado. Ou seja, no novo cenário os desperdícios apenas existem em dígitos num *software*, não constituindo desperdícios reais. O fato de permitir detetar quando e onde estes ocorrem antes implementar uma solução, concede a oportunidade ao utilizador de construir processos que utilizem esses mesmos desperdícios, e aumentar o seu nível de reutilização.

É importante referir que um utilizador, modelando um sistema e testando alterações neste, irá procurar aumentar a eficiência do uso de recursos através de conservação desses, ou criar processos de reutilização, no entanto o seu sucesso irá depender da sua proficiência na deteção dos mesmos.

Do mesmo modo, um modelo construído para a análise de uma determinada proposta poderá ser reutilizado para efetuar um estudo diferente, mas no mesmo âmbito de serviço. Por esta razão, foi atribuído neste campo a pontuação de 4.

### **Conservação de recursos**

A nível de conservação de recursos, dado uma das características de simulação é permitir a análise de um dado caso de usabilidade sem necessidade de implementação, então naturalmente não será necessário a alocação desses mesmos para esse propósito. Outra característica é o facto de também permitir uma adaptação do processo em questão, de forma a melhor acomodar a metodologia ou ferramenta proposta, aumentando a eficiência dos recursos utilizados, e aumentando a performance deste fator. Neste campo foi atribuída a pontuação 5.

### **Longevidade e funções do produto/serviço**

Os modelos utilizados têm que representar a realidade do sistema a ser analisado, como tal, exigem atualização constante, de forma a manterem-se correntes.

No entanto, essa informação não tem como destino uma só aplicação para uma determinada proposta de alteração de serviço, mas sim para possuir uma base de dados contendo os modelos existentes, coordenados com o mapeamento de processos elaborado pela equipa de transformação, de forma a que, quando necessário, esses possam ser utilizados. O cenário base, consiste em implementar um determinado caso de usabilidade, e utilizar os resultados deste, de forma a sustentar a argumentação elaborada em prol de uma alteração de um serviço. Após apresentados os argumentos, se a as camadas de gestão aprovarem, essa alteração pode manter-se ou ser alterada de forma a integrar de forma mais eficiente com outros processos do sistema, no entanto se a proposta for rejeitada, a alteração efetuada para o caso de usabilidade é descartada. Utilizando uma avaliação comparativa, assume-se o valor de 4 para este parâmetro.

Após efetuada a avaliação dos parâmetros da *Eco-compass* para o cenário proposto, procede-se à sua inserção no modelo desta, verificando-se se cumpre os critérios de sustentabilidade definidos como “a melhoria de pelo menos dois parâmetros sem piorar os outros”.

A [figura 4.4](#) apresenta os resultados da avaliação efetuada, sob o formato específico da ferramenta *Eco-compass*.



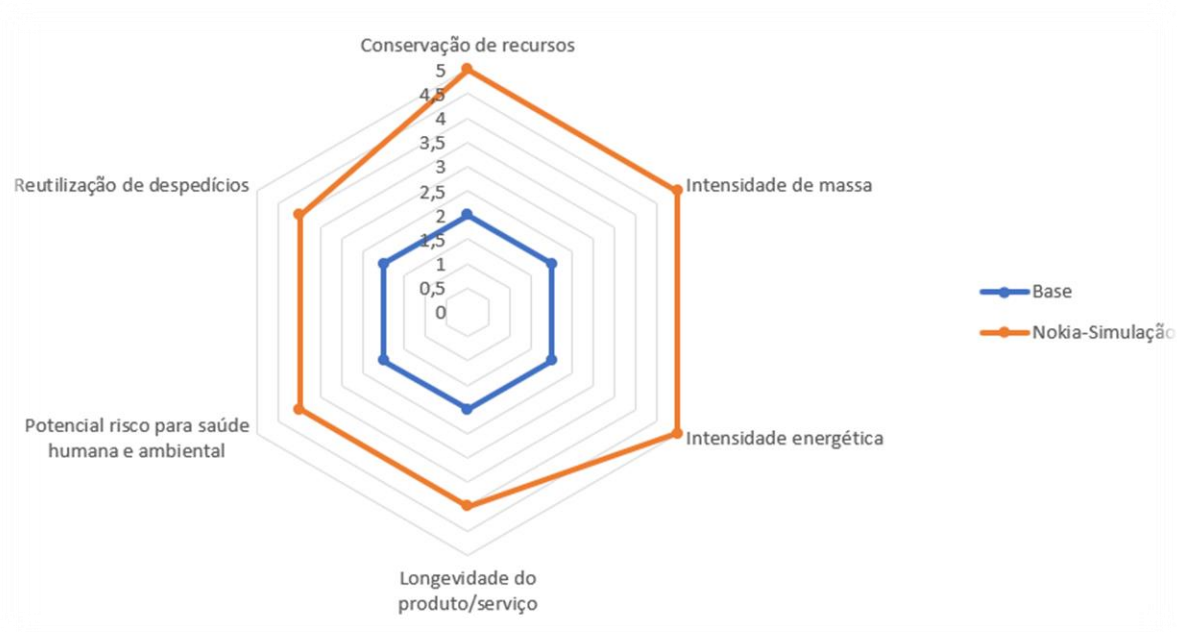


Figura 4.4 - Ferramenta *Eco-Compass*, caso de estudo 1.

A solução final, tendo sido aprovada de acordo com os critérios estabelecidos, foi então proposta às camadas de gestão do departamento de desenvolvimento, sendo que um caso de usabilidade foi construído, baseado num dos subprocessos de um dos serviços disponíveis no portefólio, para demonstrar, num contexto prático, a utilidade da ferramenta em questão.

## 4.2. Juwi & Shizen Energy – Desafios organizacionais

O grupo juwi é uma empresa alemã, focada no mercado de energia solar e eólica e com presença global em vários projetos. Esta companhia emprega cerca de 1000 funcionários, e é responsável pela implementação de cerca de 950 turbinas eólicas e de 1 600 projetos de energia solar, produzindo aproximadamente 7 700 000 000 Kilowatts-hora de energia proveniente de fontes renováveis, por ano.

Em 1996, Matthias Willenbacher e Fred Jung fundaram a empresa Jung & Willenbacher Windeenergie GmbH, mais tarde renomeada para Juwi, e iniciam a sua atividade no ano de 1997, com a construção de uma planta de energia eólica em Renânia-Palatinado e três em Rheinhessen. Mais tarde, em 1999, esta torna-se responsável pela construção da maior quinta eólica no sul da Alemanha na altura, e ao mesmo tempo entra no mercado de energia solar. No ano seguinte, constrói o seu primeiro projeto fotovoltaico de grande escala.

No ano de 2002, a empresa alcança uma meta, ao instalar a sua centésima turbina eólica, e nesse mesmo ano, inicia o projeto “Energy landscape Morbach”, consistindo na instalação de catorze plantas eólicas e solares. Dois anos mais tarde, o primeiro projeto fora do país é concluído, no noroeste de França, marcando o começo das atividades internacionais da organização.

Após um rápido crescimento, através de novas áreas de negócio iniciadas na Polónia, República Checa, Grécia, Sul de Africa e India, a companhia constrói a maior quinta eólica na América Central até à data. Entretanto, o seu negócio secundário de painéis fotovoltaicos também cresce, sendo que em 2009 esta torna-se responsável pela construção da terceira maior quinta solar do mundo, nos Estados Unidos. No final de 2010, a organização já empregava mais de 1000 funcionários.

O ano de 2012 marcou uma época de convulsão no mercado de energias renováveis na Alemanha, obrigando uma reestruturação da organização, e levando a uma aquisição desta, por parte da MVV Energie AG, através da compra de uma maioria das ações da empresa em 2014. Este facto permitiu estabilizar a situação financeira da companhia, e levou a uma reestruturação das áreas de negócio internacionais, migrando as atividades concentradas na Europa e America Central, para o Japão, Tailândia, Filipinas, Austrália, Dubai, Turquia e Singapura.

Shizen Energy é uma empresa japonesa, fundada em 1996, com a ideia de fornecer infraestruturas de produção de energia solar, e ao mesmo tempo uma forte ligação e apoio das comunidades locais. Atualmente possui cerca de 20 subsidiárias espalhadas pelo mundo, e os seus projetos geram um *Output* total de 2 500 000 Kw, sendo considerada uma das companhias líderes em termos de construção, gestão de compras e engenharia (EPC), no Japão.

Após a iniciativa do governo japonês face a energias renováveis em 2012, ao criar tarifas renováveis avançadas, Juwi reforçou as suas áreas de negócio neste país.

No entanto, o mercado japonês apresenta bastante resistência a empresas internacionais, não só por aspetos tal como linguagem, mas também devido às suas leis e dinâmicas sociais particulares.

Por essa razão, em 2013 ambas as empresas criaram um empreendimento conjunto, nomeada Juwi & Shizen Energy, permitindo a ambas as entidades de beneficiar dos contactos locais e internacionais destas, e providenciando a oportunidade de partilha de conhecimentos sobre melhores práticas e métodos. Atualmente, a Juwi & Shizen Energy focam-se em projectos de natureza solar, no entanto planos futuros para exploração de energia eólica encontram-se em desenvolvimento.

O trabalho efetuado no decorrer do estudo de caso insere-se no âmbito de redução de custos do departamento de desenvolvimento de projetos da Juwi & Shizen Energy, sendo que por motivos de confidencialidade, todos os nomes de clientes e informação classificada serão omitidos.

### **Análise do sistema e identificação do problema:**

O empreendimento conjunto da Juwi & Shizen Energy é bastante recente, tendo sido criado em 2013, e como tal, alguns elementos tipicamente existentes em organizações mais maduras ainda se encontram parcialmente implementados ou por implementar.

Neste contexto, observa-se que o departamento de redução de custos da empresa encontra-se praticamente não existente, sendo que a avaliação formal dos custos envolvidos nos projetos realizados organiza-se com uma periodicidade anual, sendo realizada por estagiários, utilizando as metodologias propostas por estes.

O último relatório existente foi efetuado em junho de 2017, sendo que esse representava os últimos dados disponíveis em termos de desempenho de custos associados a projetos. Devido à metodologia empregada, poucas conclusões são passíveis de ser inferidas a partir das análises efetuadas.

Foi observado que durante o processo de recolha de dados para efetuar a análise de custos, o método utilizado empregado consistia em, numa primeira fase, entrevistar os vários PM's responsáveis pelos projetos efetuados na empresa, de seguida entregar um formulário detalhando as várias categorias de custos, para finalmente realizar uma terceira entrevista para confirmação dos valores apresentados.

Tal deve-se ao facto de, apesar de existir registos de contabilidade dos custos incorridos e outros variados documentos contendo informação pertinente, esta encontra-se organizada numa pasta virtual partilhada e acessível a todo o departamento. Como tal, com o decorrer do tempo, duplicações e ficheiros desatualizados começaram a surgir. Dificultando a sua consulta e procura por informação o mais atual possível.

Esta metodologia, para além de ser morosa, apresenta resultados incoerentes, devido ao facto de os formulários utilizados permitirem um certo grau de liberdade da parte dos gestores de projeto no preenchimento destes.

A metodologia empregada dificulta o processo de standardização de informação, crucial para atividades no âmbito de redução de custos, e incorre um risco de resultados desviados da realidade.

De forma a identificar quais os elementos presentes nos sistemas em análise, e que alterações efetuar de forma a melhorar a performance deste, procedeu-se à análise substância-campo.

Tendo em conta o cenário descrito, identificou-se uma interação com efeito prejudicial entre os dois elementos do sistema em análise, sendo que este é traduzido através do modelo exposto na [figura 2.16](#), onde a substância S1 representa o gestor de projeto, que interage com o projeto de redução de custos, representado por S2, através da metodologia conhecida, sendo esta representada pelo campo F1. O efeito prejudicial deve-se ao facto de tempo ser disposto por parte do PM de forma a facultar a informação necessária, mas no entanto, nenhuma conclusão proveitosa para a empresa é obtida.

Aplicando as 7 soluções gerais associadas a análises substância-campo, selecionou-se a solução geral 4, que sugere a alteração do campo F1 para um F'1, de forma a permitir que a interação cumpra o efeito desejado, tal como demonstrado na [figura 2.20](#).

Através deste exercício determinou-se que o foco para a formulação do problema irá centrar-se no sistema utilizado para recolha de dados.

### **Formulação do problema:**

Tendo sido identificado um efeito prejudicial no sistema, e o elemento sobre o qual atuar, é necessário então efetuar uma formulação formal do problema. Desta etapa obteve-se o seguinte enunciado, a partir do qual as ferramentas da TRIZ irão ser utilizadas.

“Que metodologia ou ferramentas utilizar, de forma a recolher informações dos projetos, em formato standardizado, e de forma ágil.”

### Geração de soluções:

Inicialmente, utilizou-se a ferramenta das janelas múltiplas, pertencente ao corpo da TRIZ, de forma a identificar qual o conceito de idealidade para a evolução do sistema no tempo, e ao mesmo tempo compreender a evolução do sistema até o presente.

A primeira célula a ser preenchida refere-se ao sistema em análise, no presente. Depois procede-se à identificação do supersistema e subsistema na mesma linha temporal, ajudando os utilizadores a compreenderem que objetos podem existir na fronteira ou dentro do sistema. Finalmente, o resto da matriz é completada.

A [tabela 4.5](#) apresenta os resultados obtidos na utilização da ferramenta das janelas múltiplas.

Tabela 4.5 - Ferramenta das janelas múltiplas, caso de estudo 2.

	Passado	Presente	Futuro
Supersistema	Contabilidade e departamento de desenvolvimento utilizam formatos de registos de custos diferentes.	Contabilidade e departamento de desenvolvimento utilizam formatos de registos de custos diferentes.	Contabilidade e departamento de desenvolvimento utilizam os formatos de registos de custos mais apropriados para a suas necessidades.
Sistema	Metodologia de recolha de informação lento e não padronizado.	Metodologia de recolha de informação lento e não padronizado.	Metodologia de recolha de informação ágil, dinâmica e padronizada.
Subsistema	Formulários compreendem categorias gerais de custos, no entanto não discriminam informação mais detalhada.	Formulários compreendem categorias gerais de custos, no entanto não discriminam informação mais detalhada.	Nível de detalhe de informação elevado.

Como é possível observar na [tabela 4.5](#), dado que o empreendimento é bastante recente, a progressão do supersistema, sistema e subsistema até ao presente não apresenta grandes alterações. No entanto, através do preenchimento da coluna relativa ao futuro, foi possível identificar qual a evolução considerada ideal para os sistemas em questão.

Foi identificado o desejo de que, a nível de sistema, a recolha de informação dos custos incorridos durante a realização dos projetos seja ágil, tomando uma menor quantidade de tempo para obter os dados. Categorize esta de forma estandardizada, providenciando a oportunidade de efetuar análises comparativas entre projetos e inferir resultados passíveis de ser traduzidos em medidas de redução de

custos. E finalmente, que seja dinâmica, permitindo um acompanhamento contínuo da progressão dos projetos, permitindo intervenções em tempo real nestes.

Essa informação recolhida deverá apresentar um nível de detalhe elevado, possibilitando uma maior quantidade de conclusões inferidas a partir das análises efetuada, mas, no entanto, também é necessário que esse facto não origine um nível de complexidade para a solução, dificultando a sua implementação.

Também é identificado que, a nível de supersistema, o formato de registo dos dados recolhidos deve ser diferente para os departamentos de contabilidade e desenvolvimento, sendo que é importante ambos terem a possibilidade de customização destes, de forma a que a informação seja apresentada no formato mais apropriado para o seu uso.

Prosseguindo com a aplicação de ferramentas TRIZ, os requisitos mencionados foram então convertidos sob o formato dos 39 parâmetros de engenharia de Altshuller:

- **Agilidade do sistema -> Perda de tempo (reduzir).**

Em oposição ao sistema inicial, deseja-se que este novo necessite de menos tempo de forma a produzir a resposta esperada. Como tal, deseja-se um menor “tempo de ciclo” de operação, de modo a obter os dados exigidos para efetuar uma análise de custos. Traduz-se então o requisito identificado, pelo parâmetro de engenharia “Perda de tempo”.

- **Dinamismo -> Adaptabilidade (aumentar).**

Este parâmetro de engenharia é utilizado para medir o grau de resposta do sistema a alterações externas, sendo que este também pode traduzir a capacidade do sistema de ser utilizado para variados fins. Como tal, considera-se este apropriado para traduzir a necessidade do sistema de captar informações a tempo real, de projetos em desenvolvimento, sendo desejado um aumento deste parâmetro.

- **Informação detalhada -> Complexidade no controlo (reduzir).**

A escolha do parâmetro “Complexidade no controlo” deve-se ao facto de, de forma a aumentar o detalhe de informação medida ou registada, num sistema complexo, geralmente é necessário incorrer a um maior esforço e dificuldade para esse efeito, podendo ser preciso aumentar a complexidade do sistema. É um fator que se deseja reduzir, tornando o sistema o mais “leve” possível.

- **Usabilidade -> Conveniência de uso (aumentar).**

Conveniência de uso traduz a simplicidade do processo, ou seja, a quantidade de etapas necessárias para o sistema efetuar a sua operação. Considera-se complexo, um cenário que exija o envolvimento de um grande número de pessoas ou etapas de forma a produzir o resultado esperado. É desejado um aumento do desempenho deste.

- **capacidade de customização -> Complexidade do dispositivo (aumentar).**

Sistemas com maior capacidade de customização geralmente apresentam uma maior flexibilidade e diversidade de possibilidades de aplicação. Desta forma é possível a sua aplicação para outros efeitos para além dos seus primários. Como tal, o parâmetro de complexidade do dispositivo foi selecionado para representar este requisito, sendo que é desejado um aumento deste.

Após a tradução dos requisitos identificados em parâmetros de engenharia, utilizou-se estes de forma a construir a matriz de idealidade do sistema (Tabela 4.6), e identificar as interações entre estes. Quando a melhoria de um determinado fator implica também uma melhoria noutro, identifica-se essa interação com o sinal (+), caso contrário utiliza-se (-). Se não for identificado nenhuma correlação entre os dois, então a célula correspondente na matriz mantém-se por preencher.

Tabela 4.6 - Matriz de idealidade do caso de estudo 2.

	25. Perda de tempo (reduzir)	33. Conveniência de uso (aumentar)	35. Adaptabilidade (aumentar)	36. Complexidade do dispositivo (aumentar)	37. Complexidade no controlo (reduzir)
25. Perda de tempo (reduzir)		+		-	+
33. Conveniência de uso (aumentar)	+			-	
35. Adaptabilidade (aumentar)					-
36. Complexidade do dispositivo (aumentar)	-	-			
37. Complexidade no controlo (reduzir)	+		-		

Após a identificação das interações negativas, é possível então abordá-las através da matriz de contradições, através da identificação dos princípios inventivos associados a estas. Utilizando esses princípios e adaptando-os para o contexto em análise, espera-se obter uma solução para o problema inventivo. As contradições identificadas são:

### 1. Perda de tempo -> Complexidade do dispositivo

Uma redução de perdas de tempo, ou um menor “tempo de ciclo”, implica geralmente uma menor quantidade de interações dentro do sistema. Dado que se deseja aumentar a complexidade do dispositivo, uma contradição é identificada.

### 2. Conveniência de uso -> Complexidade do dispositivo

Geralmente, quanto mais simples o sistema, e menos interações necessárias entre os elementos do sistema, maior a conveniência de uso do mesmo. No entanto deseja-se que a complexidade do dispositivo aumente, como tal, uma contradição é identificada.

### 3. Adaptabilidade -> Complexidade no controlo

Deseja-se que o sistema seja capaz de responder a atualizações de informação a tempo real, no entanto esse facto implica um aumento de interações existentes dentro do sistema, que por sua vez implicam um aumento na complexidade no controlo.

É possível observar, na [tabela 4.7](#) adaptada da matriz de contradições para o contexto do problema a ser analisado, quais os princípios de invenção identificados por Altshuller, de forma a eliminar as contradições identificadas.

Tabela 4.7 - Matriz de contradições adaptada ao caso de estudo 2.

	25. Perda de tempo (reduzir)	33. Conveniência de uso (aumentar)	35. Adaptabilidade (aumentar)	36. Complexidade do dispositivo (aumentar)	37. Complexidade no controlo (reduzir)
25. Perda de tempo (reduzir)		4, 10, 28, 34		6, 29	10, 18, 28, 32
33. Conveniência de uso (aumentar)	4, 10, 28, 34			12, 17, 25, 32	
35. Adaptabilidade (aumentar)					1
36. Complexidade do dispositivo (aumentar)	6, 29	12,17,25,32			
37. Complexidade no controlo (reduzir)	10, 18, 28, 32		1		

Para a contradição detetada entre o parâmetro “Perda de tempo” e “Complexidade do dispositivo”, é recomendada a aplicação do princípio de universalidade, consistindo na eliminação da necessidade de

certos componentes ao atribuir múltiplas funções a outro, ou a utilização de um sistema pneumático ou hidráulico através da alteração da propriedade física destes.

No caso da contradição “Adaptabilidade” e “Complexidade no controlo”, é sugerida a utilização do princípio de segmentação podendo as ações consistir em dividir um elemento em partes independentes, permitir que um objeto seja fácil de desmontar e/ou no aumento do nível de fragmentação do objeto em análise.

E para a terceira contradição identificada, entre os parâmetros “Conveniência de uso” e “Complexidade do dispositivo”, os princípios sugeridos consistem em equipotencialidade, ou seja, limitar os graus de liberdade de um componente, de forma a haver uma maior estabilidade no sistema.

Efetuar a transição deste para uma nova dimensão através da alteração de movimentos num espaço de 2 dimensões para 3 dimensões, utilização de mais que uma camada na disposição dos elementos, reorientar um determinado objeto e/ou aproveitar uma face não utilizada deste.

*Self-Service*, podendo este ser aplicado ao fazer com que um elemento execute mais funções auxiliares para além das primárias e/ou utilizar recursos considerados desperdício.

E finalmente mudança de cor, ao alterar a cor de um elemento ou ambiente externo e/ou o nível de transparência destes.

Sendo que os princípios sugeridos se encontram sob um formato genérico, de forma a ser aplicado a um problema generalizado, é necessário identificar quais destas são realmente possíveis de aplicar para o contexto em análise. Utilizando como referência o trabalho efetuado por Gennady Retseptor, procedeu-se à identificação de possíveis soluções específicas através da aplicação dos princípios de invenção no contexto em análise. A seguinte lista enuncia os princípios obtidos, assim como as possíveis soluções específicas identificadas, passíveis de ser utilizadas (Retseptor, 2003).

- **Segmentação**

- A. Dividir um objeto em partes independentes.
- B. Fazer um objeto fácil de desmontar.
- C. Aumentar o nível de fragmentação ou subdivisão.

Possível aplicação: **Equipas responsáveis por melhoria de processos e/ou utilizar a técnica dos 5s para melhoria contínua.**

- **Universalidade**

- A. Eliminar a necessidade de peças ao atribuir múltiplas funções a um objeto.
- B. Utilização de padronização.

Possível aplicação: **Fazer com que o sistema utilizado adapte estes sob o formato específico necessário para cada departamento e/ou especificar produtos e processos dentro da empresa.**



- **Equipotencialidade**

- A. Num campo de forças, limitar os graus de liberdade dos objetos de forma a haver menos alterações de posição.

Possível aplicação: **Introduzir um parâmetro que permita a estandardização dos custos e/ou introduzir tempo como uma variável de desempenho destes.**

- **Transição para uma nova dimensão**

- A. Alterar o movimento entre espaço 2D para um 3D, ou vice-versa.
- B. Usar uma disposição com mais que uma camada invés de uma só.
- C. Rodar, reorientar ou colocar o objeto de lado.
- D. Usar o “outro lado” de uma determinada superfície.

Possível aplicação: **Reduzir a distância entre as várias camadas da hierarquia da empresa através de um canal de comunicação.**

- **Self-Service**

- A. Fazer com que um objeto execute as funções auxiliares para além das primárias.
- B. Utilizar recursos, energia ou substâncias consideradas como desperdício.

Possível aplicação: **Permitir acesso ao sistema para diversos departamentos, de forma a estes poderem efetuar diferentes análises ou funções.**

- **Utilização de sistema pneumático ou hidráulico**

- A. Usar componentes líquidas ou gasosas invés de sólidas.

Possível aplicação: **Permitir uma maior fluidez de comunicação entre diferentes camadas da hierarquia da empresa.**

- **Mudança de cor**

- A. Alterar a cor de um objeto ou ambiente externo.
- B. Alterar o nível de transparência de um objeto ou ambiente.

Possível aplicação: Não foi identificada nenhuma aplicação prática.

A informação obtida através da contextualização dos princípios de invenção identificados, na situação em análise, encontra-se compilada na [tabela 4.8](#), expondo os princípios de invenção identificados, as suas possíveis aplicações e frequência.

Tabela 4.8 - Frequência de princípios inventivos, caso de estudo 2.

Princípio	Possíveis aplicações	Frequência
Segmentação	Equipas responsáveis por melhoria de processos e/ou utilizar a técnica dos 5s para melhoria contínua.	1

Tabela 4.8 - (Continuação)

Princípio	Possíveis aplicações	Frequência
Universalidade	Fazer com que o sistema utilizado adapte estes sob o formato específico necessário para cada departamento e/ou especificar produtos e processos dentro da empresa.	1
Equipotencialidade	Introduzir um parâmetro que permita a estandardização dos custos e/ou introduzir tempo como uma variável de desempenho destes.	1
Transição para uma nova dimensão	Reduzir a distância entre as várias camadas da hierarquia da empresa através de um canal de comunicação.	1
Self-Service	Permitir acesso ao sistema para diversos departamentos, de forma a estes poderem efetuar diferentes análises ou funções.	1
Utilização de sistema pneumático ou hidráulico	Permitir uma maior fluidez de comunicação entre diferentes camadas da hierarquia da empresa.	1

Os princípios de invenção “Transição para uma nova dimensão”, “Utilização de sistema pneumático ou hidráulico” e “Self-Service” em conjunto, sugerem a criação de um novo canal de comunicação que permita a comunicação interna entre diversos níveis da estrutura hierárquica da empresa, assim como diferentes departamentos. Após uma análise de tecnologias disponíveis, identificou-se que a instalação de um sistema integrado de gestão empresarial (sistema ERP) permite cumprir essa mesma função.

Entretanto os princípios “Universalidade” e “Equipotencialidade” aludem ao facto de que a estandardização de processos é necessária, permitindo um maior controlo das atividades empregadas na empresa e facilita a identificação e análise destes.

O princípio “Segmentação” apela ao facto de ser necessária uma equipa dedicada, responsável por monitorizar e sugerir novas medidas no âmbito de melhoria continua na empresa.

#### **Apresentação da solução:**

A solução identificada consiste numa recomendação da aplicação de um sistema ERP no departamento de desenvolvimento e seus periféricos. As vantagens desta solução incluem uma melhor comunicação interna entre departamentos, que por sua vez promove um aumento de coordenação e a uma maior capacidade de planeamento estratégico para a empresa, um ganho de eficiência nos processos, através

da eliminação de esforços repetidos que possam ocorrer devido a falhas de comunicação, e também uma maior segurança da informação interna, ao centralizar toda esta num só sistema.

Deste modo, após a identificação da solução, fez-se um breve levantamento de informação introdutória para implementação de sistemas ERP, de modo a sugerir eventuais passos a tomar para proceder a uma eventual implementação desta.

A implementação deste implica primeiro um trabalho de mapeamento dos processos empregados nos projetos e empresa de acordo com padrões internacionais (exemplo: BPMN), permitindo uma maior compatibilidade com pacotes de *software* ERP já existentes, e identificar que aspetos de negócio são considerados chave para a operação da empresa.

É assim possível definir quais são as prioridades estratégicas a ter em conta durante a fase de planeamento/seleção do *software* a utilizar, funcionalidades existentes neste e suas áreas de funcionamento.

É importante reconhecer que a implementação destes sistemas é tradicionalmente morosa e complicada. A empresa poderá optar pela adoção de um *software* já edificado e definido, ou optar por customizar esse mesmo para os requisitos e necessidades da empresa.

No entanto existem desvantagens e vantagens associadas a cada linha de ação, tais como problemas de compatibilidade com eventuais atualizações de *software* ou a ausência de compatibilidade com os processos praticados na empresa.

Foram identificadas três estratégias gerais para a implementação de sistemas ERP numa empresa, podendo estas ser a *Big Bang*, *Franchising* ou *Slam Dunk* (Koch et al., 1999):

- **Big Bang:** Consiste numa instalação de um só sistema ERP para todas as áreas de negócio, em simultâneo. Esta estratégia exige um esforço muito grande por parte de todos os elementos da organização, ao impor que todos os membros desta se coordenem e aprendam a utilizar um novo sistema de raiz, abandonando os métodos anteriormente empregados. Existem desvantagens ao empregar este método, tais como a ausência de indivíduos experientes no emprego do novo sistema, ou o facto de, dado o sistema providenciar serviços para toda a organização, implicar um decréscimo no seu desempenho.
- **Franchising:** É uma estratégia mais comum, sendo mais apropriada para organizações nas quais não existem muitos processos comuns entre diversas áreas de negócio, consistindo na instalação modular do *software* para consumo interno de cada departamento, sendo que apenas é partilhada informação relevante de ser utilizada em análises específicas realizadas por outros elementos, ou de modo a providenciar uma imagem geral do desempenho das diferentes unidades de negócio. A principal vantagem deste método, é o facto de permitir uma instalação inicial numa área de atividade específica da empresa, mas que não cause grande disrupção no funcionamento normal das operações da organização, sendo que no caso de ser bem-sucedido, esse caso poderá ser utilizado como guia para o processo de implementação noutros sectores da empresa. No entanto a estratégia também implica um maior tempo necessário para a integração dos sistemas ERP na empresa.
- **Slam Dunk:** Invés de aplicar metodologias de reengenharia de processos, de forma a conciliar um determinado *software* ERP e um dado processo interno, a empresa simplesmente adota a estrutura

utilizada pelo sistema. Geralmente esta estratégia é empregada por empresas de pequenas dimensões, que esperam eventualmente expandir a funcionalidade deste para o resto da organização. A principal vantagem deste método, quando bem-sucedido, é o facto de facilitar a integração de novas estruturas dentro do sistema em si, devido ao facto de ter havido pouca customização deste. No entanto, geralmente os utilizadores deste acabam por não atribuir grandes vantagens da utilização do ERP, sendo que esse facto poderá dificultar futuras expansões do mesmo.

A adoção de um sistema ERP por parte de uma organização acarreta grandes desafios e implica esforços tanto em recursos, como em tempo. No entanto, quando bem-sucedido, existem vantagens operacionais claras das quais a empresa pode usufruir.

A solução identificada entusiasmou bastante a camada de gestão da empresa, sendo que demonstrou intenção de prosseguir com a transição sugerida. Entretanto o trabalho efetuado e desafios enfrentados para a instalação desta não se encontram expostas no documento, devido à duração do estudo de caso não permitir o seu acompanhamento.

Foi então elaborado um relatório enunciando as prioridades de ações a efetuar, de forma a implementar o sistema sugerido, assim como a argumentação para a criação de uma equipa responsável por atividades de melhoria contínua, e gestão do projeto ERP.

### **Avaliação com o *Eco-Compass*:**

A solução a ser analisada por esta ferramenta é a resultante da aplicação das ferramentas da TRIZ, ou seja, a proposta de um sistema ERP, de forma a obter um fluxo mais ágil de informação entre elementos da organização.

O critério definido pela equipa envolvida no projeto foi “não deve ser pior do que o cenário base”, e como tal, essa condição foi interpretada como “que nenhuma das variáveis de sustentabilidade apresente um valor inferior a 2 (cenário base)”. Sendo este critério cumprido então a solução é considerada aprovada em termos dos parâmetros ambientais pré-estabelecidos.

Devido ao facto de o plano de ação de uma migração para um novo sistema de gestão de informação ainda não ter sido delineado, a apreciação do desempenho deste, em termos de parâmetros ambientais foi realizada qualitativamente, tendo em conta com informação recolhida a partir de outras instâncias e exemplos de esforços no mesmo sentido.

O cenário base consiste na metodologia de recolha de informação empregada atualmente pela empresa, através de entrevista aos gestores de projeto, envio de um formulário a ser preenchido pelos mesmos, e depois uma nova entrevista, de modo a confirmar os valores obtidos. No caso de os valores se apresentarem incorretos após a entrevista de reconfirmação de valores, é agendada uma nova, de forma a continuar o trabalho de recolha de dados.

A [figura 4.5](#) expõe o fluxo de trabalho associado ao cenário base.

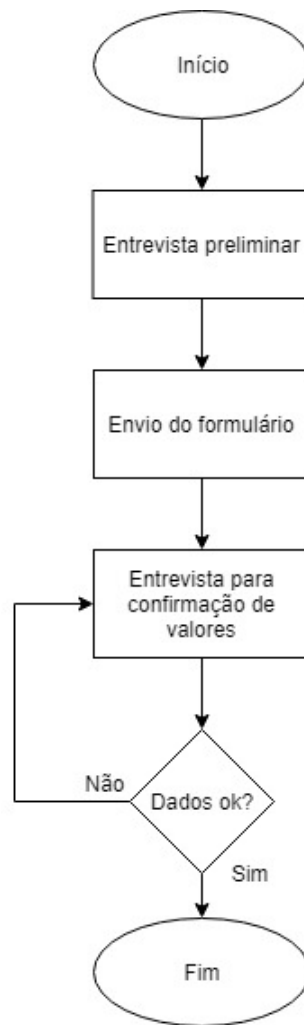


Figura 4.5 - Diagrama do cenário base, caso de estudo 2.

O novo cenário proposto implica a introdução de um sistema ERP, sendo que a metodologia utilizada para recolha de dados é bastante simplificada devido às suas características enquanto facilitador de fluxos de informação internos na empresa.

Assumindo que este é implementado no departamento de desenvolvimento, então os dados relativamente a custos incorridos durante a realização dos projetos já se encontram registado no sistema. Desta forma, basta aceder ao *software*, e retirar os mesmos.

A [figura 4.6](#) demonstra o fluxo de trabalho associado à nova metodologia proposta.

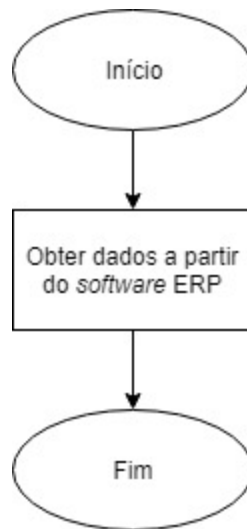


Figura 4.6 - Diagrama do novo cenário, caso de estudo 2.

Devido às propriedades mencionadas, observa-se uma simplificação substancial do processo de recolha de dados dentro da empresa, tendo-se procedido a uma automatização de certos fluxos de trabalho.

### **Intensidade de massa**

A principal diferença entre os dois cenários em análise, em termos de materiais envolvidos, consiste na necessidade de deslocação, tanto do entrevistado como do entrevistador, de forma a realizar as entrevistas agendadas.

Dado que os PM's se encontram a maior parte do tempo nos locais onde os projetos se desenvolvem, fora de Tokyo, estas deslocações acabam por representar energias de transporte consideráveis. No entanto, não existe grande alteração em termos de material necessário de forma a utilizar os *softwares* em questão, devido a este facto a pontuação atribuída a este parâmetro é de 3.

### **Potencial risco para a saúde humana e ambiental**

Mais uma vez, a principal diferença entre os dois cenários é a necessidade de deslocação física de forma a confirmar os valores obtidos. Dependendo dos meios de transporte empregados, o impacto em termos de saúde humana e ambiental será maior ou menor. Neste campo, pelos mesmos motivos apresentados no tópico anterior, a pontuação atribuída é de 3.

### **Intensidade energética**

Uma característica dos dois sistemas em análise, é o facto de estes necessitarem ambos de *Hardware* bastante similar, mas, no entanto, em termos de *software*, apresentam diferenças acentuadas. O novo

cenário proposto permite evitar duplicação de esforços, potencialmente reduzindo o consumo energético despendido nessa atividade. Por essa razão, a pontuação atribuída neste parâmetro é 4.

### Reutilização de desperdícios

Não foi identificada nenhuma alteração do desempenho deste parâmetro, como tal a pontuação atribuída é de 2.

### Conservação de recursos

Este indicador refere-se à quantidade de recursos raros ou finitos utilizados. Como tal, e sendo a principal diferença entre os cenários analisados, a necessidade de transporte de modo a efetuar as entrevistas necessárias, considera-se a pontuação 3 para este parâmetro.

### Longevidade e funções do produto/serviço

Através da implementação de um sistema ERP, espera-se melhorar o fluxo de informação existente dentro da organização. Como tal, novos tipos de dados tornam-se acessíveis, permitindo diferentes análises fora do âmbito de custos, e consequentemente, novas áreas de planos de ação. Considera-se então que este parâmetro apresenta uma pontuação de 4.

Na [figura 4.7](#), encontra-se então o resultado final da aplicação da ferramenta *Eco-Compass*. Como é possível observar, a condição “nenhum dos parâmetros apresentar resultados inferiores a 2” foi cumprida, e como tal, considera-se que uma solução final foi obtida.

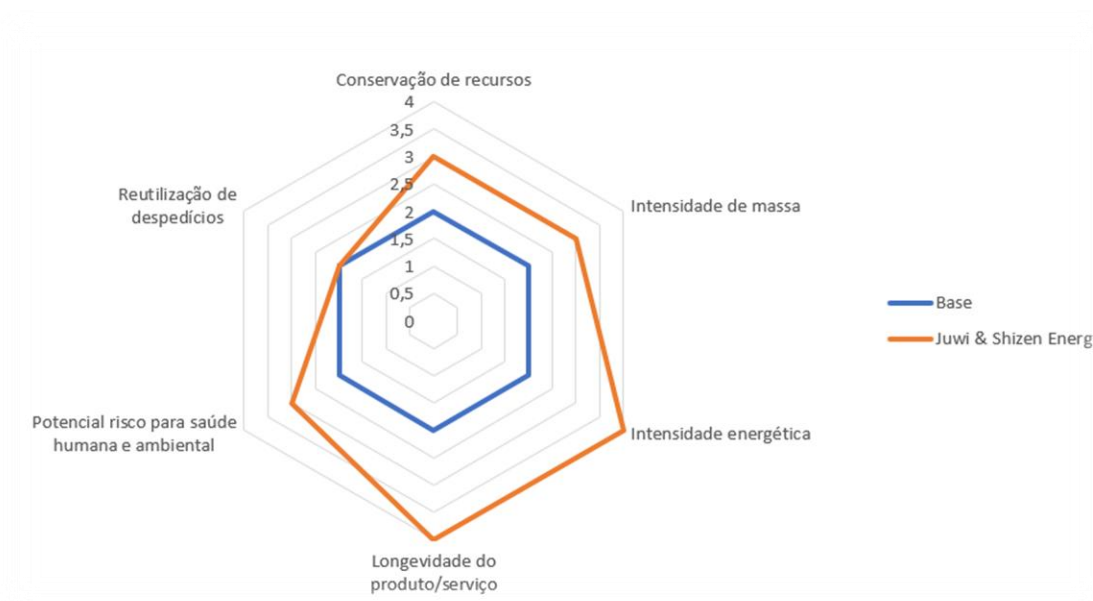


Figura 4.7 - Ferramenta *Eco-Compass*, caso de estudo 2.





## 5. Conclusões

O estudo efetuado no âmbito da dissertação centrou-se no desenvolvimento de uma metodologia incorporando a TRIZ e a ferramenta *Eco-Compass*, de forma a gerar soluções a problemas inventivos tendo em conta o seu impacto ambiental. Posteriormente, a sua aplicação foi testada em três estudos de caso distintos, de forma a observar a sua performance e receção, sendo que o terceiro não se encontra exposto neste trabalho devido ao facto de se encontrar em desenvolvimento na altura da realização do documento.

A aplicação da metodologia TRIZ, no seu formato básico, revelou-se intuitiva na sua aprendizagem e útil pelos seus resultados, sendo que permitiu gerar soluções que foram recebidas com entusiasmo por parte das empresas onde foi aplicada. No entanto foi entendido que, apesar de esta ser bastante conhecida no mundo académico e determinadas empresas, a sua divulgação não tomou a proporção esperada por Altshuller, provavelmente devido à pouca quantidade relativa de estudos efetuados dentro do tópico, em contexto atual.

Reconhece-se que um dos aspetos identificados como mais fortes da metodologia TRIZ, é o conceito de idealidade agregado à ferramenta das 9 janelas no tempo. O seu emprego permite uma compreensão do sistema em análise, das suas envolventes, do contexto e, ao mesmo tempo, introduz o exercício de conceção de um cenário ideal para todos os membros da equipa de trabalho, obrigando-os a convergir os seus desejos para a evolução futura do sistema. Devido a isto, um maior compromisso por parte do coletivo é atingido, facilitando o seu envolvimento em fases posteriores de trabalho.

A matriz de contradições, considerada como um dos elementos principais para efeitos da metodologia proposta, apresentou alguns desafios na sua aplicação devido aos contextos em análise. Assim, foi necessária uma adaptação dos parâmetros de engenharia e princípios de invenção identificados, para o contexto de serviços, sendo que, por vezes, esse mesmo trabalho apresentou dificuldades, reconhecendo-se que experiência é um fator que permite melhorar o desempenho desta atividade.

A ferramenta análise substância-campo apresentou-se como a mais intuitiva do *Kit*, o que permitiu, através da aplicação posterior das 7 soluções padrão, uma definição do enfoque do trabalho rápida e evitou eventuais processos mais morosos, tal como *brainstorming*, de forma a obter o mesmo efeito.

A introdução da ferramenta *Eco-Compass* combinada com a metodologia TRIZ, mostrou-se promissora devido à compatibilidade dos seus cabeçalhos com os parâmetros de engenharia definidos por Altshuller. No entanto, a alteração proposta para a relação entre estes dois não foi passível de ser testada. Isto devido ao facto de o nível de exigência em termos de parâmetros ambientais, requisitados por parte das empresas envolvidas nos casos de estudo, não foi muito elevado e, como tal, parte da metodologia proposta, associada ao decisor de avaliação da solução obtida, não foi testada. A aplicação desta ferramenta no âmbito de serviços também necessita de ser explorada, devido à dificuldade de obter uma comparação quantitativa neste contexto, sendo que as utilizações de métodos qualitativos incorrem o risco de enviesar eventuais resultados.

A partir das conclusões inferidas a partir do estudo realizado, e de forma a assegurar uma continuidade do trabalho efetuado, recomenda-se a realização de mais estudos de caso, tendo em conta a necessidade

de um reforço, por parte das organizações, na insistência de critérios de sustentabilidade mais exigentes para as soluções obtidas, de forma a estudar o impacto dos parâmetros de engenharia, derivados a partir da aplicação da *Eco-Compass*, e eventual retrabalho necessário. Como tal, sugere-se um enfoque dos futuros trabalhos realizados em empresas ou programas que apresentem perfis mais centrados em sustentabilidade.

## Referências bibliográficas

Altshuller, G.,(1988) *Creativity as an exact science*. Nova York, USA: Gordon & Breach Science Publishers Inc. ISBN: 0677212305 9780677212302

Altshuller, G.,(2008) *And suddenly the inventor appeared*. Worcester, Mass.: Techn. Innovation Center. ISBN: 0964074028 9780964074026

Amabile, T. ,(1988) *A model of creativity and innovation in organizations*. B. M. Staw, & L. L. Cummings (Eds.), Research in organizational behavior, 10, 123-167.

Azlan D., Aris B. & Yusof K., (2014) *Perceptions on TRIZ by Current TRIZ Experts in the Industry: A review in Malaysia*. 2014 International Conference on Teaching and Learning in Computing and Engineering, Kuching, 325-331. doi: 10.1109/LaTiCE.2014.71

Bajwa, P. & Mahto, D., (2013) *Concepts, tools and techniques of problem solving through TRIZ: A review*. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 2, issue 7.

Blight, A., (2006) *The Overlap Between TRIZ and Lean*. IME 552: Lean Manufacturing Systems, University of Rhode Island.

Bono, R., & Sorensen S., (2008) *Resonant acoustic method delivers defect-free parts*. Advanced Materials & Processes, 166, 25-28.

Brzustewicz, P., (2016) *The application of Eco-compass method in sustainable product development*. Acta Scientiarum Polonorum. Oeconomia, 15, 5-14.

Buckhout, S., Frey, E. & Nemec Jr., J. ,(1999) *Por um ERP*. HSM Management, Set/Out 1999, 30-36.

Cascini, G. & Russo, D. ,(2007) *Computer-aided analysis of patents and search for TRIZ contradictions*. International Journal of Product Development, 4, 52–67.

Cavalucci, D. & Khomenko, N. ,(2007) *From TRIZ to OTSM-TRIZ: addressing complexity challenges in inventive design*. International Journal of Product Development, 4(2), 4-21.

Chai, K., Zhang, J. & Tan, K. ,(2005) *A TRIZ-Based Method for New Service Design*. Journal of Service Research, 8(1), 48-66.

Chang, H. & Chen, J. ,(2004) *The conflict-problem-solving CAD software integrating TRIZ into eco-innovation*. Adv. Eng. Softw., 35: 553–566.

Chechurin, L., Elfvengren, K. & Lohtander, M., (2015) *TRIZ Integration into Product Design Roadmap*. Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, FAIM 2015, 23-26.

Chen, J. & Chen, W. ,(2007) *TRIZ Based Eco-Innovation in Design for Active Disassembly*. 14th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering, 83-87

Chen, J. & Huang, S. ,(2011) *Eco-Innovative Design of Product Service Systems by using the Substance-Field Analysis Method*. Functional Thinking for Value Creation: Anais da 3ra conferência internacional da CIRP sobre Industrial Product Service Systems

Chen, R. ,(2015) *A Fuzzy Inventive Problem-Solving Approach for Product Design Computer-Aided System Using Multi-Agent and Fuzzy TRIZ*. Journal of Integrated Design and Process Science, 19(1), 47-69.

Chulvi, V. & Vidal, R. ,(2010) *Usefulness of evolution lines in eco-design*. Procedia Eng. 9, 135–144.

Chybowski, L., Bejger, A. & Gawdzinska, K. ,(2018) *Application of Subversion Analysis in the Search for the Causes of Cracking in a Marine Engine Injector Nozzle*. International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering, 12(4), 302-308.

D'Anna, W. & Cascini, G. ,(2010) *Supporting sustainable innovation through TRIZ system thinking*. Procedia Engineering, 9, 145-156

Domb, E. ,(1997) *Contradictions: Air Bag Applications*. Acedido a 6 Agosto 2018 <URL: <http://www.xtriz.com/publications/40Principles.pdf>>

Domb, E. ,(1998) *QFD and TIPS/TRIZ*. Anais do 3ro simpósio internacional sobre QFD, 1997, Linkoping, Sweden.

Domb, E. ,(1999) *Strategic TRIZ and Tactical TRIZ: Using the Technology Evolution Tools*. In <https://triz-journal.com/strategic-triz-tactical-triz-using-technology-evolution-tools/>

Dulaimi, M., Nepal, M. & Park, M. ,(2005) *A hierarchical structural model of assessing innovation and project performance*. Construction Management and Economics, 23(6), 565–577.

Ekmekci, I. & Koksai, M. ,(2015) *TRIZ methodology and an application example for product development*. Proceeding of World Conference on Technology Innovation and Entrepreneurship, pp. 2689-2698.

Fayemi, P., Crubleau, P. & Richir, S. ,(2015) *Restoring TRIZ approach to ease a technology transfer*. Procedia Engineering, 131, 214-218.

Feniser, C., Burz, G., Mocan, M., Ivascu, L., Gherhes, V. & Ciprian Otel, C. ,(2017) *The Evaluation and Application of the TRIZ Method for Increasing Eco-Innovative Levels in SMEs*. Sustainability 2017, 9, 1125.

Fuzzler, C. & James P. ,(1996) *Driving Eco-innovation: a breakthrough discipline for innovation and sustainability*. Pitman Publishing.360 ISBN-13: 978-0273622079

Harrison, D. & Jones, E. ,(2000) *Investigating the use of TRIZ in eco-innovation*. The TRIZ Journal, September, 2000.

Hasegawa, H., Sonoda, Y., Tsukamoto, M. & Sato, Y. ,(2010) *Creative and inventive design support system: Systematic approach and evaluation using quality engineering*. In: Gero, J, editor. Design Computing and Cognition'10. Springer; 2011, p. 229-249

Huang, F. ,(2013) *Technology Innovation and New Product Development Process integrating QFD and TRIZ*. Conference: Innovation Conference (SIIC), 127-131.

Ilevbare, I., Phaal, R., Probert, D. & Padilha, A. ,(2011) *Integration of TRIZ and roadmapping for innovation, strategy, and problem solving*. IfM Centre for Technology Management. Acedido a 3 Agosto 2018 <URL: [https://www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Research/CTM/Roadmapping/triz\\_dux\\_trt\\_phase1\\_report.pdf](https://www.ifm.eng.cam.ac.uk/uploads/Research/CTM/Roadmapping/triz_dux_trt_phase1_report.pdf)>

InnoSkills, (2009) Instrumentos para o desenvolvimento de soluções inovadoras. InnoSkills. Disponível no URL: [http://www.innosupport.net/uploads/media/4.9.\\_TRIZ\\_01.pdf](http://www.innosupport.net/uploads/media/4.9._TRIZ_01.pdf) [Accessed 10 Jul. 2018].

Kawazoe, S. & Cobs, J. ,(2015) *Geothermal Japan*. Gordon Research Conferences.

Khomenko, N. & De Guio, R. ,(2007) *A framework for OTSM–TRIZ-based computer support to be used in complex problem management*. International Journal of Computer Applications in Technology (IJCAT)

Ko, Y., Chen, M., Yang, C. & Zheng, M. ,(2015) *Modelling a contradiction-oriented design approach for innovative product design*. Proc IMechE, Part B: J Engineering Manufacture 2015, 299, 199–211.

Lerner, L. ,(1991) *Genrich Altshuller: Father of TRIZ*. Ogonek. Acedido a 3 Agosto 2018 <URL: <https://www.aitriz.org/altshuller>>

Li, Y., Wang, J., Li, X. & Zhao, W. ,(2006) *Design creativity in product innovation*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 33, 213-222.

Madara, D., (2015) *Theory of inventive problem solving TRIZ*.: IJISSET - International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology, 2(7), 86-95.

Mann, D. ,(2001) *An Introduction to TRIZ: The Theory of Inventive Problem Solving*. Creativity and Innovation Management, 10(2), 123-125.

Mann, D. ,(2002) *Common Ground – Integrating The World’s Most Effective Creative Design Strategies*. Systematic Innovation. TRIZ Journal, Acedido a 24 Julho 2018 <URL: <https://triz-journal.com/evolving-worlds-systematic-creativity-methods/>>

Marconi, J. ,1998. *ARIZ: The Algorithm for Inventive Problem Solving*. The TRIZ Journal. Acedido a 28 Julho 2018 <URL: <https://triz-journal.com/ariz-algorithm-inventive-problem-solving/>>

Navas, H. ,(2013) *TRIZ: Design Problem Solving with Systematic Innovation*. Adv. Ind. Design Eng., doi: 10.5772/55979, Acedido a 11 Agosto 2018 <URL: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-industrial-design-engineering/triz-design-problem-solving-with-systematic-innovation>>

Navas, H. ,(2014a) *Fundamentos do TRIZ. - Parte IV – Análise de recursos*. Inovação & Empreendedorismo. Newsletter no 53 – Julho 2014 – Vida Económica.

Navas, H. ,(2014b) *Fundamentos do TRIZ -. Parte V – Idealidade de um Sistema*. Inovação & Empreendedorismo Newsletter no 54 – Setembro 2014 – Vida económica.

Navas, H. ,(2014d) *Fundamentos do TRIZ - Parte VIII – Modelo substância-campo*. Inovação & Empreendedorismo Newsletter, no 57 – Dezembro 2014 – Vida económica.

Navas, H., Tenera, A. & Machado, V. ,(2015) *Integrating TRIZ in project management processes: an ARIZ contribution*. TFC 2011—11th ETRIA World TRIZ Future Conference 2011, 387-396.

Pacheco, D., Caten, C., Navas, H., Jung, C. & Machado, V. ,(2016) *Systematic eco-innovation in PSS: state of the art and directions*. Procedia, 47,168-173.

Padilha, T. & Marins, F. ,(2005) *Sistemas ERP: características, custos e tendências*. Revista Produção, São Paulo, 15(1), 102-113.

Rantanen, K. & Domb, E. ,(2008) *Simplified TRIZ*. New York: Auerbach Publications.

Retsepter, G. ,(2003) *40 Inventive Principles in Quality Management*. AVX Israel Ltd. Acedido a 5 Agosto 2018 <URL: <https://triz-journal.com/40-inventive-principles-quality-management/>>

Russo, D., Regazzoni, D. & Montecchi, T. ,(2011) *Eco-design with TRIZ laws of evolution*. Procedia Engineering, 9, 311–322.

Russo, D., Schofer, M. & Bersano, G. ,(2015) *Supporting Eco-innovation in SME's by TRIZ Eco-guidelines*. Procedia Eng. 131, 831–839.

Sakao, T. ,(2007) *A QFD-centred design methodology for environmentally conscious product design*. International Journal of Production Research, 45, 4143–4162.

Samuel, P. & Jablowski, K. ,(2016) *Psychological Inertia and the Role of Idea Generation Techniques in the Early Stages of Engineering Design*. Apresentado na conferência de 2010 Mid-Atlantic ASEE em Villanova.

Savransky, S. ,(2000) *Engineering of creativity: Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*. Boca Raton, USA, CRC Press LLC.

Schuh, G. & Grawatsch, M. ,(2003) *TRIZ-based technology intelligence*. European TRIZ Association Meeting TRIZ Futures.

Shao, G. ,(2009) *System Testing Using Use Cases for an ER Simulation Model*. North America Simulation Technology Conference 2009.

Sheu, D. & Ting Hou, C. ,(2015) *TRIZ-based Systematic Device Trimming: Theory and Application*. International Journal of Systematic Innovation, 2(1), 2-21.

Shi, X. & Zhang, M. ,(2000) *What we could get from S-curve*. Acedido a 8 Agosto 2018 <URL: <http://www.aitriz.org/documents/TRIZCON/Proceedings/Shi-Zhang-What-we-could-get-from-S-curve.pdf>>

Silverstein, D., Samuel, P., & DeCarlo, N. ,(2009) *The innovator's toolkit*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons.

Souchkov, V. ,(2007) *Breakthrough thinking with TRIZ for business and management: An overview*. ICG T&C.

Souza, C. & Zwicker, R., (2000) *Ciclo de vida de sistemas ERP*. Cadernos de Pesquisas em Administração. São Paulo, FEA/USP, 1, 46-57.

Terninko, J. ,(2000) *Su-Field Analysis*. TRIZ Journal, February Acedido a 12 Agosto 2018 <URL: <https://triz-journal.com/su-field-analysis/>>

Terninko, J., Zusman, A. & Zlotin, B. ,(1998) *Systematic Innovation: An introduction to TRIZ*. Boca Raton: St Lucie Press.

Wu, C. ,(2011) *Identifying an Innovative Su-Field Modeling Design Processes*. International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, 5, 704-712.

Yang, P., Zhou, M., Sebastian, D. & Caudill, R. ,(2001) *Integrating Eco-compass concept into integrated product and process development*. International Journal of Environmentally Conscious Design and Manufacturing, 10(3), 6–16.

Zhang, J., Tan, K. & Chai, K. ,(2003) *Systematic innovation in service design through TRIZ*. The TRIZ Journal, Acedido a 28 Maio 2018 <URL: <https://triz-journal.com/systematic-innovation-service-design-triz/>>

Zlotin, B. & Zusman, A. ,(2004) *The Concept of Resources in TRIZ: Past, Present and Future*. Apresentado na conferência TRIZCON em 2005.